НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА





Серия «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ. ЭКОЛОГИЯ»

Научный вестник

Воронежского государственного архитектурно-строительного университета

Высокие технологии. Экология

ISSN 2306-8418

Журнал издается с 2010 года

Учредитель и издатель: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (Воронежский ГАСУ)

Территория распространения – Российская Федерация

Журнал публикует материалы по следующим разделам:

- БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ
 - СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
 - АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
 - ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ
 - ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
 - ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА
 - МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ
 - УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ
- ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

Материалы журнала публикуются в авторской редакции и регистрируются в Российском индексе научного цитирования

Ответственность за достоверность опубликованных в статьях сведений несут авторы

Перепечатка материалов журнала допускается только с разрешения редакции

Журнал «Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология» выходит 1 раз в год (май) Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология, все права защищены

Scientific Newsletter

Of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering High-tech solutions. Ecology

ISSN 2306-8418

Scientific Newsletter has been published since 2010

Publisher and editor: Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering (Voronezh SUACE)

The area of distribution – the Russian Federation

Scientific Newsletter is represented by the following sections:

- LIFE SAFETY IN ENVIRONMENTALLY UNFRIENDLY CONDITIONS
- CIVIL STRUCTURES, BUILDINGS, FOUNDATION ENGINEERING
 - BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS
 - GENERAL ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING
- WATER SUPPLY, WASTEWATER DISPOSAL, HEAT SUPPLY SISTEM AND VENTILATION
 - ENERGY EFFICIENCY TECHNOLOGIES
 - ENVIRONMENTAL ISSUE OF BUILDING AND ROAD COMPLEX
 - MECHANIZATION OF BUILDING, CONSTRUCTION EQUIPMENT AND DEVICES
 - MANUFACTURING MANAGEMENT
- PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESS IN DIFFERENT SPHERES, MATERIALS AND ARTICLES

The materials of the Scientific Newsletter are published in literary redaction and are registered in the Russian list of journals indexed

The authors bear liability for the credibility of information of published articles

The reprinting of materials is unless authorized by editorship

«The Scientific Newsletter of the Voronezh SUACE. High-tech solutions. Ecology» is published annually (May)

The Scientific Newsletter of the Voronezh SUACE. High-tech solutions. Ecology. All rights reserved.

Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета Серия «Высокие технологии. Экология»

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Борисов Ю.М., д-р техн. наук, проф., **Проскурин Д.К.**, канд. физ.-мат. наук, доц., **Рудаков О.Б.**, д-р хим. наук, проф., **Суровцев И.С.**, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Жулай В.А., д-р техн. наук, проф. (главный редактор), **Устинов Ю.Ф.**, д-р техн. наук, проф. (зам. главного редактора), **Щиенко А.Н.**, канд. техн. наук., доц. (ответственный секретарь), **Бабкин В.Ф.**, д-р техн. наук, проф., **Енин А.Е.** канд. архитектуры, проф., **Калугин П.И.**, канд. техн. наук., проф., **Манохин В.Я.**, д-р техн. наук, проф., **Подольский Вл.П.**, д-р техн. наук, проф., **Проскурин Д.К.**, канд. физ.-мат. наук, доц., **Самодурова Т.В.**, д-р техн. наук, проф.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84. Тел.: +7(473) 277-01-29, E-mail: stim@vgasu.vrn.ru

© Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

Е.И. Головина. Особенности экологизации социальной среды	7
Е.И. Горелова, И.С. Горелов, Г.Н. Данилова, В.В. Котов. Нанокомпозит,	10
применяемый в качестве фильтрующего материала для очистки воды	10
Е.А. Жидко, В.С. Муштенко. Нейро-нечеткое эвентологическое моделирование	
влияния природного фактора	14
В.Я. Манохин, И.А. Иванова, М.В. Манохин. Нормы накопления ТБО,	
их состав и свойства	
И.А. Сухорукова. Экологические аспекты уменьшения шума в городах	28
В.В. Татаринов. Экспериментальные исследования геоэкологического состояния	
окружающей среды аэродрома государственной авиации «Воронеж-б»	33
В.И. Щербаков, Е.В. Дроздов, В.В. Помогаева. Проблемы систем водоснабжения	
малых городов и сельских поселений	38
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ,	
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ	
И.Ш. Алирзаев, А.В. Сухотерин. Исследования напряженно-деформированного	
состояния системы «основание-фундамент-сооружение» с использованием	
различных схем грунтового основания	43
Р.Н Зорин, Е.И. Сарычев. Эксплуатируемые кровли для малоэтажного строительства.	
П.И. Калугин, Д.А. Пятигор. О расчете осадок фундаментов с учетом	
горизонтальных деформаций грунтов основания	50
T I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
А.В. Крылова, Т.Ф. Ткаченко, С.П. Козодаев. Свойства цементных систем	
с добавками техногенных отходов	54
А.В. Уколова, Ю.С. Дедова. Автоклавный микробетон на основе	
извесково-белито-песчаного вяжущего	58
A.M. Усачев, $A.A.$ Суслов, $A.M.$ Хорохордин. Оценка свойств керамических изделий,	50
	<i>6</i> 1
изготовленных различными способами	01
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО	
Е.А. Бокарева. Социально-экономические проблемы функционирования	
и развития территорий малых городов ЦЧР	64
,	
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦ	RN
	J
3. Аль-Амри, В.И. Щербаков, Л.С.Алексеев, Γ .А.Ивлева. Исследование фильтрационной	
кальцинации мягких питьевых вод	72

Д.Е. Белых, В.И. Щербаков. Исследование возможности применения гидроциклона в технологической схеме извлечения фосфора из сточных вод методом кристаллизации78
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
Э.Е. Семенова, К.С. Котова. Анализ зависимости энергоэффективности жилого дома от применения оконных проемов минимизирующих потери тепла
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА
С.Н. Золотухин, А.А. Драпалюк. Переработка техногенного отхода фосфогипса в строительный материал на основе гипса на примере отходов фосфогипса в г. Уварово, Тамбовская область
МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ
 Ю.М. Бузин. Энергетический тракт функционирования технической системы
результаты акустических испытаний колесного погрузчика ПК – 27 - 02
М.Д. Гончаров. Совместные колебания системы ротор-статор забойного двигателя132 В.В.Гудков, П.А.Сокол. К вопросу о сопротивлении качению автомобилей
В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, Д.В. Бобров, С.В. Сизинцев. Влияние общего кпд на топливно-экономические показатели землеройно-транспортных машин
и рациональных виброизоляторов
исследования быстропеременных виброакустических процессов при помощи метода конечных элементов

В.А. Нилов, Н.Э. Оганнисян. Обоснование проектирования скреперного поезда	160
Π .Е. Пелевин, М.Н. Балака, Г.А. Аржаев, А.В. Василенко, Ю.Ф. Устинов. Кинематические	
соотношения при качении эластичного колеса по плоской деформирующейся	
опорной поверхности	165
Н.С. Севрюгина, Е.В. Прохорова. Проектирование универсального	
промежуточного звена навесного оборудования строительных и дорожных машин	175
Ю.Ф. Устинов, Д. Н. Гольцов, Д.И. Чернышев. Виброакустические характеристики	
автогрейдера с колесной формулой 1×3×3	181
Ю.Ф. Устинов, Е.И. Ханкин, А.Н. Щиенко. Математическая модель	
кривошипно-ползунного механизма с учетом влияния упругой деформации шатуна	189
И.А. Фролов, В.А. Муравьев. Соединение телескопических	
и корпусных тонкостенных труб методом пайки	195
А.В. Черных. Неустойчивость формы эллипсоидной металлической капли	
на торце электрода при дуговой сварке в магнитном поле	199
ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ,	
МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ	
маты иалах и изделилх	
<i>Л.А. Кукарских, В.С. Поленов.</i> К распространению звуковых волн	
в двухкомпонентных средах	202
•	∠U∠
И.И. Полосин, С.Н. Леонтьев, С.В. Бунин. Спектры скоростей	205
в турбулентных вентиляционных потоках	207

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 504.03

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, старший преподаватель кафедры пожарной и промышленной безопасности, Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-52-78, e-mail: u00111@vgasu.vrn.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, senior lecturer of the Department of fire and industrial safety, Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-52-78, e-mail: u00111@vgasu.vrn.ru

Е.И. Головина

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Перспективным направлением является необходимостью оценки воздействия экологических факторов социальной среды на человека. Системный подход к исследованию взаимодействия человека-субъекта с окружающей его социальной средой, позволяет понять специфику современных социально-экологических процессов, а также определить механизм экологизации социальной среды и выработать основные принципы формирования экологического сознания.

Ключевые слова: экологизация, социальная среда, качество жизни, экологическое сознание, экологическая культура, человеческий потенциал.

E.I. Golovina

FEATURES OF THE GREENING OF THE SOCIAL ENVIRONMENT

A perspective direction is the need to evaluate the impacts of environmental factors of social environment on the human System approach to the investigation of the interaction of human-subject with the social environment, allows you to understand the character of contemporary social-ecological processes, and also define the mechanism for the greening of the social environment and to develop the basic principles of forming the ecological consciousness.

Keywords: ecology, social environment, quality of life, environmental consciousness, ecological culture, human potential.

Актуальность темы определяется необходимостью оценки воздействия экологических факторов социальной среды на человека. Проблема экологии социальной среды является сравнительно новой и малоизученной. Однако её междисциплинарный характер позволяет проанализировать и применить данные, накопленные экологией человека, психологией, социальной психологией, социальной экологией, философией, социологией управления, медициной, гигиеной. Мировое сообщество поставлено перед необходимостью понимания того, что дальнейшее выживание человеческой цивилизации возможно лишь в условиях

гармонизации взаимоотношений между обществом и природой. Все большее число ученых, политиков, общественных деятелей связывают решение глобальных экологических проблем со сменой потребительского отношения к природе на коэволюционное, ценностное, формированием экологической культуры личности и общества. При этом человечество неизбежно сменит свою тактику защиты от опасностей за счет соблюдения норм и правил безопасности и перейдет к методу превентивного анализа опасностей всего вновь созидаемого человеком, постоянно помня о том, что все опасности на Земле, кроме естественных, рукотворны [1].

Объективная реальность не оставила никаких сомнений в том, что существование цивилизации, а также будущее самого человека как вида Homo sapiens в существенной степени зависят от решения важнейшей социальной задачи современного общества - сохранения здоровья человека. Социально-экономические и политические преобразования государств XX - XXI в.в., формирование общепланетарной цивилизации, глобализация мировых процессов, экологические проблемы ведут к целому ряду нерешенных проблем и негативно отражаются на здоровье людей. Социальное здоровье и благополучие нации являются основополагающими факторами национальной безопасности. Загрязнение социальной среды, рост психических и эмоциональных нагрузок ведут к снижению естественной биологической сопротивляемости организма. В связи с этим значительно усиливается проблема социальной безопасности. При этом ведущим условием социальной безопасности выступает качество жизни, а одной из основных целей которой является проникновении современных экологических идей и ценностей во все сферы общественной жизни.

Качество жизни социальной среды является комплексной научной проблемой, для решения которой необходимо развитие интегрального сознания. Цель этого изменения заключается в создании такой социальной среды, которая будет способствовать сохранению здоровья и развитию человека. Можно согласиться с мнением американского футуролога Э. Тоффлера, который считает, что в наше время именно от выбора мировым сообществом системы ценностей и зависит будущее человечества [2]. Необходимость исследования взаимоотношений между человеком и его социальной средой и объединение усилий естественных, гуманитарных и технических наук стало на сегодня актуальным, поскольку единство организма и окружающей среды предполагает системность и междисциплинарность их исследования. Для осуществления этой задачи следует, в первую очередь, проанализировать процессы, происходящие в современной социальной среде и разработать методологию оценки системного влияния комплекса социальных факторов на здоровье и развитие человека. Важно выяснить, какие именно элементы социальной среды, и какие ее факторы могут способствовать развитию человека, а какие, наоборот будут его ограничивать.

Исследование влияния факторов социальной среды на здоровье и развитие человека, диагностика и разработка методов экологизации социальной среды только начинают утверждаться в научной практике. Большая часть экологических факторов социальной среды находится за пределами теоретического изучения и практической оценки, следовательно, их влияние не учитывается при формировании жизненной среды человека, прогнозировании показателей качества социальной среды на короткую и длительную перспективу. Результаты исследований, проведённых отечественными и зарубежными учёными, пока не находят достаточного практического применения в области оздоровления социальной среды. Системный подход к исследованию взаимодействия человека-субъекта с окружающей его социальной средой, позволит понять специфику современных социально-экологических процессов, а также определить механизм экологизации социальной среды и выработать основные принципы формирования экологического сознания. А формирование экологического сознания и новых правил экологического поведения возможно на основе принципов глубинной экологии.

Так в рассматриваемой целостности «Социальная среда – Экология», человек играет существенную роль. Как же можно повлиять на благоприятное развитие потенциала и устранить неблагоприятные тенденции? Эти вопросы весьма существенно определяют перспективы человечества. В настоящее время достаточно интенсивно разрабатываются теоретические основы формирования экологического сознания и экологической культуры как условия, обеспечивающего жизнеспособность социума. Инструментом для решения такого рода проблем должен быть переход от количественного мышления к мышлению качественному. В связи с этим, для реализации этого условия необходимо принять такой механизм экологизации социальной среды, который мог бы с достаточной достоверностью этот уровень характеризовать. В качестве такого механизма, который мог бы удовлетворять высокому уровню жизнеспособности современного общества, можно предложить «человеческий потенциал» - вполне конкретный набор факторов, определяющих источники, возможности, средства и запасы общества, которые могут быть использованы для решения задач экологической безопасности современного общества. К ним можно отнести уровень образования, культуры, интеллектуальный продукт, уровень физического и психического здоровья, духовные качества личности, социальную активность, положение семьи, детей, молодежи и пр. Период перехода к новому типу социальности, к новым нормативноценностным и смысловым системам сопряжен с рядом интегративных состояний, носящих предельный характер для самосохранения общества. Поэтому, в обстановке преобразований основных сфер жизнедеятельности и связанных с этим социальных изменений, очень важно рассматривать проблему экологизации социальной среды в контексте политических, экономических, социокультурных и других факторов.

Таким образом, новый механизм экологизации социальной среды, выраженный через «человеческий потенциал» - комплексная междисциплинарная проблема. Исследования и разработка нового механизма должны концентрироваться в рамках рассмотрения социальных, экономических, технических, образовательных и иных аспектов.

В этой связи, необходимым условием обеспечения безопасности социума выступает экологизация социальной среды, предметом которой является оптимизация механизмов функционирования социальной среды, а итогом - гармонизация отношений между человеком и окружающей средой.

Библиографический список

- 1. Белов С.В., Симакова Е.Н. Ноксология. Под редакцией Белова С. В.-М.: ЮРАЙТ, 2013. - 430 с.
- 2. Toffler Alvin and Heidi. Creating a New Civilization. The Politics of the Third Wave, Turner Publishing, Inc. Atlanta, 1995 русск. пер. Тоффлер Э., Тоффлер Х. Создание новой цивилизации. Политика третьей волны. «Сибирская молодежная инициатива», Новосибирск, 1996.

References

- 1. Belov S.V., Simakova E.N. Ноксология. Under the editorship of Belova With. In.-M.: ЮРАЙТ, 2013. 430 with.
- 2. Toffler Alvin and Heidi. Creating a New Civilization. The Politics of the Third Wave, Turner Publishing, Inc. Atlanta, 1995 Russian lane. Toffler E., Toffler X. the Creation of a new civilization. The politics of the third wave. «Siberian youth initiative», Novosibirsk, 1996.

УДК 66.081:628.353

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I Студентка 5-го курса, Горелова Е.И.; Зав. лаборатории кафедры химии, Горелов И.С.; Ассистент кафедры химии, Данилова Г.Н.; Доктор химический наук, профессор кафедры химии, Котов В.В.

Россия, г. Воронеж, +7-919-188-62-58

e-mail: elena2280@ya.ru

Voronezh State Agricultural University Named after The Emperor Peter the First,
The student of the 5th year of studies, Gorelova E.I.;
Head of the Chemistry Laboratory of the
Chemistry Department, Gorelov I.S.;
Chemistry Department Assistant, Danilova G.N.;
The Doctor of the Chemistry Sciences, Prof.
Chemistry Department, Kotov V.V.
Russia, Voronezh, tel. +7-919-188-62-58
e-mail: elena2280@ya.ru

Е.И. Горелова, И.С. Горелов, Г.Н. Данилова, В.В. Котов

НАНОКОМПОЗИТ, ПРИМЕНЯЕМЫЙ В КАЧЕСТВЕ ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Разработан новый сорбент на основе диоксида кремния, углерода и серебра с применением нанотехнологий. Отличительные особенности сорбента: практически неограниченный ресурс работы (40-50 лет), комплексная очистка от техногенных примесей, бактерий и микробов при сохранении природного минерального состава воды.

Ключевые слова: новый сорбент, диоксид кремния, углерод, серебро, нанотехноология, фильтр для питьевой воды

NANOCOMPOSIT, USED AS A FILTERING MATERIAL FOR DRINKING WATER PURIFICATION

Gorelova E.I., Gorelov I.S., Danilova G.N., Kotov V.V.

A new sorbent based on silicon dioxide, carbon and silver with the use of nanotechnology has been developed. The distinctive characteristics of the sorbent are the following: practically unlimited duration of work-the service of life of the sorbent is 40 to 50 years, complex purification of water from technogenic impurities and simultaneously from bacteria and germs. At the same time the natural salt and trace element composition of water is preserved.

Keywords: new sorbent, silicon dioxide, carbon, silver, nanotechnology, filter for drinking water

По последним данным ЮНЕСКО наблюдается ежегодное повсеместное ухудшение качества природной воды подземных и открытых водоемов в связи с интенсивным антропогенным загрязнением, а также вследствие изменений климата (Доклад ООН о состоянии водных ресурсов мира WWDR4).

В настоящее время существует необходимость не только очищать воду до ПДК, но и сохранять ее полезный минеральный состав. Ученые доказали, что систематическое отсутствие в воде такого минерального вещества как калий приводит к сердечно-сосудистым заболеваниям, магния — к слабоумию, а кальция — к замедлению развития опорно-двигательной системы у детей, и разрушению костей у взрослых.

Широко распространенные методы очистки воды ионный обмен и обратный осмос – не могут обеспечить нам сохранение полезного минерального состава воды. Единственным возможным способом, которым можно предотвратить негативное влияние постоянного употребления воды, очищенной обратно-осмотическими фильтрами, является ее минерализация. Для ее проведения требуются дополнительные затраты на дозирующие поступление минеральных веществ в воду устройства, что существенно увеличивает стоимость фильтра.

Также стоить отметить, что системы комплексной очистки воды достаточно громоздкие и требуют частой замены фильтрующего материала (картриджи, засыпки и т.д.).

В связи с этим нами разработан фильтр «НАВСЕГДА», с новым сорбентом «БАКС-001», для очистки воды в одну ступень от техногенных примесей, микробов и бактерий при сохранении полезного минерального состава воды.

Новый сорбент синтезирован на основе диоксида кремния, углерода и серебра [1].

Его составные компоненты представляют собой заранее синтезированные наночастицы. Во избежание попадания наночастиц в окружающую среду, синтез диоксида кремния, углерода и серебра осуществляется в гелях. Полученные наночастицы совмещались в строго определенном соотношении, далее сгущались до глинообразной консистенции, подсушивались при температуре 90-99 °C в течение 5 часов, затем температура поднимается до 900 °C за 5 часов. При такой температуре 3 часа происходит отжиг фильтрующего материала. Далее нагрев прекращался, полученный фильтрационный материал остывал до комнатной температуры.

За счет применения нанотехнологий сорбент представляет собой высокопористый ($700-800\text{м}^2/\text{г}$) материал, обладающий высокой механической прочностью. Применение наночастиц, обладающих, в основном, сферической формой, позволило создать материал, проницаемый для жидкой среды во всех направлениях. Вода очищается как на поверхности, так и внутри гранул.



Рис. Принципиальная схема фильтра «НАВСЕГДА»

Процесс фильтрации начинается с того, что неочищенная вода из водопровода или природного источника (в том числе, открытых водоемов: рек, прудов, водохранилищ или скважин) подается на фильтр (рис.) снизу-вверх под избыточным давлением 0,2÷6,0 атм. через нижний штуцер (2) и попадает в камеру-ловушку крупных частиц (железная окалина, песок) (14), образованную крышкой (8) и нижним распределительным устройством (4). После прохождения всего слоя сорбента очищенная вода собирается в камере сборки фильтрата

(15), образованной верхним распределительным устройством (5) и конусообразной частью корпуса (1); и через верхний штуцер (3) подается потребителю.

Очистка питьевой воды в фильтре происходит по сорбционно-фильтрационному механизму, осуществляемому в гравитационном поле:

- 1. Крупные частицы примесей (железная окалина, песок) осаждаются в камере ловушке за счет потери линейной скорости и сил гравитации.
- 2. Мелкие частицы в виде суспензии гидроксида железа(III) и примесей глины задерживаются, то есть отфильтровываются в межгранульном пространстве.
- 3. Коллоидные частицы железа(II) и железа(III), ионы тяжелых металлов, радионуклиды, фульво- и гуминовые кислоты, нефтепродукты, активный хлор сорбируются гранулами фильтрующего материала.

Срок эксплуатации фильтра «НАВСЕГДА» с сорбентом «БАКС-001» составляет 40-50 лет без замены фильтрующего материала. Регенерация фильтрующего материала осуществляется через каждые 3-4 года.

Аналогами нашего сорбента являются загрузки из природных материалов: марганцовистого цеолита (MGS, производство США), доломита МЖФ («АКВАФОР», Россия) и синтетических (сорбционный материал Вігт, производство США), все данные приведены в таблице. Более чем полувековой опыт использования природных материалов показал, что процесс фильтрации с помощью таких сорбентов происходит достаточно медленно из-за наличия в природных материалах тупиковых пор, вся очистка происходит на поверхности. Более прогрессивным является синтетический материал Вігт, производство США (компания Clock Co.) [2]. Материал Вігт — синтетический алюмосиликат с нанесенными на его поверхность соединениями железа и марганца. Он является наиболее близким аналогом нашего сорбента по своим физико-химическим свойствам (размер гранул, насыпная плотность и т.д.).

Таблица Сравнительная таблица сорбента БАКС-001 с современными мировыми аналогами

Рабочие условия	MGS (США)	Birm (США)	МЖФ (Рос- сия)	БАКС-001 (Россия)
Сырье для изготовления	глауконит	Диоксид кремния, по- крытый диоксидом Мп, Не слёживается в процессе эксплуатации	Доломит. Слёживается в процессе эксплуатации	Диоксид кремния, уг- лерод и сереб- ро. Не слежи- вается
Наличие в воде масла, нефте- продуктов	нет	нет	допустимо	Очищает до ПДК
Наличие в воде H ₂ S	устраняет	нет	допустимо	устраняет на 100%
Чувствительность к наличию в исходной воде хлора, нефтепродуктов, масел	нет	резко уменьшается ак- тивность	нет	нет
Рабочий диапазон рН	6,8-9,0	7,0-9,0	4,5-9,0	6,0-9,0
Скорость фильтрования, м/ч	5-10	5-10	5-20	93,40
Необходимость корректировки рН	Не нужна	При значении ниже 6,8	Не нужна	Не нужна
Емкость по Fe (гр. Fe на дм ³ за- грузки)	2,00	1,00	2,00	20,00
Объем очищенной воды л/дм ³ загрузки до регенерации, при содержании Fe в исходной воде 20 мг/л	200,00	-	200,00	1000,00

Несмотря на схожесть Birm и «БАКС-001» по физико-химическим свойствам, наш сорбент превосходит свой аналог по многим показателям:

- 1. Вігт отравляется сероводородом, активным хлором, нефтепродуктами, в то время как «БАКС-001» очищает воду по этим показателям до норм Π ДК
 - 2. Нет необходимости корректировки рН
 - 3. Емкость по Fe (гр. Fe на $дм^3$ загрузки) выше в 20 раз
 - 4. Линейная скорость фильтрования в 10-15 раз выше.

Сорбент БАКС-001 является единственным фильтрующим материалом, для которого не требуется предподготовка воды, последующая доочистка и обеззараживание, причем он сохраняет природный минеральный состав. При этом срок службы его практически неограничен. Фильтр «НАВСЕГДА», с помещенным в него сорбентом компактен, удобен в эксплуатации.

Библиографический список

- 1. Патент РФ №102195 Фильтрующий материал и фильтр для очистки воды// Горелов И.С., Горелова Е.И. Опубл. В Бюл. №5, 2011.
 - 2.Сайт компании ООО «СП Универсал», www.lapeksp.ru/

References

- 1. Patent RF № 102195 the filtering material and the filter for drinking wayter p[urification//Gorelov I.S., Gorelova E.I. Publ. in the bulletin №5, 2011
 - 2. The site of the company OOO "Joint Venture Company "Universal" , www.lapeksp.ru

УДК 504.03

Воронежский государственный архитектурностроительный университет Канд. физ-мат. наук, проф. В.С. Муштенко;

Канд. техн. наук, проф. Е.А. Жидко Россия, г. Воронеж, тел. 8 (4732) 369350 Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

<u>Dr</u>. es sience, Sci. fisic. prof. V.S. Mushtenko;

Dr. Sci. Tech, prof. E.A. Zhidko

Russia, Voronezh, ph. 8 (4732) 369350

Е.А. Жидко, В.С. Муштенко

НЕЙРО-НЕЧЕТКОЕ ЭВЕНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНОГО ФАКТОРА

В статье рассматривается нейро-нечеткое эвентологическое моделирование влияния природного фактора на устойчивое развитие социально-эколого-экономической системы.

Ключевые слова: окружающая среда, загрязнения, социально-эколого-экономическая система, общество и природа.

E.A. Zhidko, V.S. Mushtenko

NEURO-FUZZY ЭВЕНТОЛОГИЧЕСКОЕ MODELING OF THE INFLUENCE OF THE NATURAL FACTOR

The article considers the neuro-fuzzy эвентологическое modeling of the influence of natural factors of the sustainable development of the socio-ecological-economic syste.

Keywords: environment, pollution, socio-ecological-economic system, society and the nature of.

В настоящее время жизнедеятельность человека связана с непрерывным, часто ускоряющемся ростом численности населения, плотности заселения, производства и потребления, скопления отходов и т. д. При этом человек предполагает, что окружающая среда (ОС) не будет препятствовать такому росту, что наука и техника устранит все препятствия на его пути. Необходимо определить в какой степени тенденция роста загрязнений ОС может быть совместима с конечными размерами нашей планеты и с основными устремлениями нашего развивающегося общества [1].

На сегодняшний день лишь развитые страны мира всерьез обеспокоены загрязнением OC. Жесткий контроль за загрязнением OC необязательно означает полное отсутствие загрязнения. Полное устранение всех видов загрязнения невозможно по причине существования как технических, так и экономических ограничений. В экономическом отношении ужесточение стандартов по выбросам загрязнителей в OC приводит к баснословному удорожанию контроля над загрязнением [2].

Соотношение между физическими пределами Земли и масштабами человеческой деятельности меняется. Кривые экспоненциального роста ежегодно добавляют в экосистему миллионы людей и миллиарды загрязнителей ОС. В любой конечной системе должны действовать ограничения, способные остановить экспоненциальный рост. Это значит, что мировая система:

• может продержаться в устойчивом режиме без наступления внезапного и неуправляемого краха;

• обеспечивает удовлетворение основных материальных потребностей всех населяющих ее людей.

Анализ результатов исследований показывает, что существуют возможности для дальнейшего улучшения характеристик системы.

При моделировании глобальной социально-эколого-экономической системы на продолжительном интервале времени (200 лет) невозможно игнорировать научно-технический прогресс во всех областях человеческой деятельности. При этом важное значение имеет комплексное исследование влияния качественных преобразований системы.

Истощение не возобновляемых ограниченных ресурсов вызывает кризис системы. Если предположить, что эти ресурсы неограниченны, то кризис системы наступает вследствие загрязнения ОС. Поэтому определенный интерес представляет исследования перспектив научно-технического прогресса.

Взаимодействие общества и природы описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями, определяющими: R- не возобновляемые природные ресурсы Земли; Z- загрязнения (общее количество загрязнений на Земле); P – население (число людей на Земле); H- инвестиции; A- приносящие урожай площади Земли.

Уравнение, определяющее потребление не возобновляемых ресурсов, имеет вид

$$\frac{dR}{dt} = -PR_I \,, \tag{1}$$

где R_I - функция от I_p (рис. 1), которая задает рост необходимой добычи ресурсов (на душу населения) с ростом величины индустриального продукта (на душу населения).

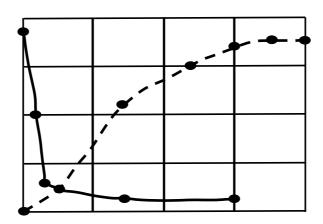


Рис. 1. Заданные зависимости (табличные функции 0 множителя W_H , характеризующего влияние на урожайность интенсификации сельскохозяйственного производства, от средних инвестиций H на 1 га

Уравнение, определяющее количество Z загрязнений на Земле (отнесенное к количеству Z_{70} загрязнений в 1970 г.), имеет вид

$$\frac{dz}{dt} = Z_{IA3(20)} - \frac{z}{c_Z \cdot T_z} \tag{2}$$

где $Z/C_Z \cdot T_Z$ представляет естественную абсорбцию загрязнений со временем, а $Z_{I_{AS}}$ функцию, полученную сглаживанием (3-го порядка с характерным временем запаздывания 20 лет) скорости генерации загрязнений

$$Z_{IA} = \frac{c_l P R_l + c_A A H}{Z_{70}} \tag{3}$$

Такое запаздывание отражает тот факт, что сгенерированные загрязнения эффективно скажутся в глобальном масштабе не сразу, а спустя ряд лет, и что нарастание их концентрации в местах, удаленных от места их выброса, носит сильно сглаженный характер (по сравнению с характером вблизи места выброса). Этот фактор способствует оптимизации цели, места, времени и вида искусственно создаваемых загрязнений, их комплексирования с реально существующими в рассматриваемом диапазоне условий. Фактически речь идет о создании методов и СЗИ, которые могут использоваться в каналах связи, формируемых в ОС и подвергаемых атакам злоумышленников.

Первый член в (3) представляет генерацию загрязнений промышленностью. Он пропорционален добыче ресурсов, поскольку их переработка пропорциональна их добыче, а промышленность выбрасывает загрязнения именно в процессе добычи и переработки ресурсов. Постоянный коэффициент C_I учитывает, какая доля выброса загрязнений попадает в биосферу и насколько они токсичнее по сравнению с загрязнениями от сельского хозяйства.

С нашей точки зрения они могут рассматриваться как технические демаскирующие признаки для ТСР.

Второй член в (3) представляет генерацию сельскохозяйственных загрязнений. Она растет с ростом степени эксплуатации площадей и самих площадей. Коэффициент пропорциональности $C_{\scriptscriptstyle A}$ учитывает степень токсичности сельскохозяйственных загрязнений и для простоты считается постоянным.

Такой подход способствует распознаванию природы источников загрязнений, позволяет установить по разведданным реально сложившиеся соотношения между сырьевой, добывающей и перерабатывающей промышленностью (производство полуфабрикатов и/ или готовой продукции) в контексте «необходимо – потенциально возможно – реально достигнуто».

Предполагается, что ресурсная отрасль сможет обеспечить добычу новых нетрадиционных ресурсов из континентальных пород с удельными затратами $\beta_{\it CR}$ на добычу, в 5-20 раз более высокими, чем затраты в современной добывающей промышленности. Это создает дополнительные ТДП, которые отражают истинные намерения и действия сторон в процессе их состязательности в уровне развития в контексте «необходимость устранения диспропорций между реально достижимым – потенциально возможным – необходимым». Такие диспропорции являются объективными движущими силами развития социально-эколого-экономической системы любого из рассматриваемых нами уровней.

Обозначим через α_{g} долю нетрадиционных ресурсов g в годичном потреблении (и в добыче) всех ресурсов. Тогда полагается

$$\frac{d_g}{d_s} \equiv PR_I \alpha_g \,, \qquad 0 \le \alpha_g \le 1, \tag{4}$$

а вместо (1) получается

$$\frac{dR}{dt} = -PR_I(1 - \alpha_g). \tag{5}$$

С другой стороны, принимается, что добыча нетрадиционных ресурсов

$$\frac{dg}{dt} = \frac{K_R}{\beta_{CR}} \tag{6}$$

где K_R – капитал новой ресурсной отрасли, а $oldsymbol{eta}_{CR}$ – стоимость добычи единицы нетрадиционных ресурсов.

Из (4) и (6) находим

$$\alpha_{g} = \frac{K_{R}}{\beta_{CR} P R_{I}} \tag{7}$$

Капитал K_R определяется уравнением

$$\frac{dK_R}{dt} = U_R I - \left(\frac{K_R}{T_R}\right) \tag{8}$$

где U_R — доля всех инвестиций I, направленных ежегодно в ресурсную отрасль, а T_R — среднее время амортизации капитала K_R . При этом учитывается уменьшение доли G_R на добычу традиционных ресурсов R в соответствии с уменьшением их доли в общем потреблении PR_I ресурсов, так, что вместо (8)

$$I = K_I Q_j \cdot \frac{1 - G_R}{3} \tag{9}$$

получается формула для ежегодного продукта фондообразующей (индустриальной) отрасли

$$I = K_I Q_j \frac{1 - G_R (1 - \alpha_g)}{3}$$
 (10)

Здесь безразмерный коэффициент $Q_J \leq I$ (точно определенный (рис. 2) учитывает убывание I при нехватке рабочей силы; функцией $G_R \bigg(\frac{R}{R_{00}} \bigg)$ задается (рис. 3) влияние роста доро-

говизны добычи ресурсов с убыванием их запасов относительно их уровня R_{00} в фиксированный исходный момент t_{00} . Здесь индекс задаваемой таблично функции указывает на ее аргумент.

Такой подход позволяет установить и воспользоваться ТДП *реально складывающейся динамики научно-технического прогресса* на корпоративном уровне, дифференцировано по природе добывающей и перерабатывающей промышленности в контексте «необходимо – потенциально возможно-реально достижимо».

Относительно очистной отрасли промышленности предположим, что она уменьшает скорость Z_{IA} генерации загрязнений, причем доля M_V этого уменьшения зависит задаваемым образом от отношения V капитала очистной отрасли к индустриальному капиталу (рис. 2).

Зависимость эта задается монотонно возрастающей, так что при V=0,2. Такой характер функции $M_V(V)$ объясняется тем, что трудность и дороговизна уменьшения генерации загрязнений должны возрастать с уменьшением остающегося уровня этой генерации.

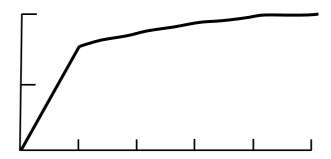


Рис. 2. Задаваемая зависимость доли уменьшения скорости генерации загрязнений Z_{IA} от отношения V капитала очистной отрасли к капиталу индустриальному

Соответственно вместо Z_{IA} из (3) получается

$$Z_{V} = \frac{(C_{I}PR_{I} + C_{A}AN)(I - M_{V})}{Z_{70}}, V = \frac{K_{Z}}{K_{I}}$$
(11)

Капитал K_Z очистной отрасли определяется уравнением

$$\frac{dK_{z}}{dt} = U_{z}I - \frac{K_{z}}{T_{o}},\tag{12}$$

где $\;U_Z\;$ - доля от I, направляемая ежегодно на развитие очистной отрасли, а $T_0\;$ - среднее время жизни капитала $\;K_Z\;$.

По нашему мнению, на современном этапе целесообразнее *очистные и производственные функции максимально интегрировать* в рамках универсальных высоких индустриальных технологий.

Это хорошо согласуется с переходром $P\Phi$ на модель социальной инновационной экономики, в том числе за счет обеспечения ИБ ОЗ, их СИБ на оснвое инноваций [3].

Тогда в качестве альтернативы упадку возможен переход к «глобальному равновесию» (рис. 3), при котором переменные стабилизированы.

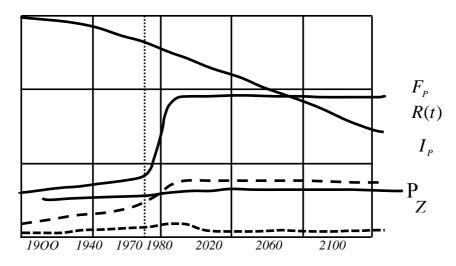


Рис. 3 «Глобальное равновесие» F_p , I_p , P, Z — соответственно уровни питания, промышленного производства, населения и загрязнения; — кривая падения уровня ресурсов

Рассмотрим упрощенную аналитическую модель динамической системы и исследуем ее стационарные решения (Модель типа «Мир-2»). Рассмотрим обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка с дифференцируемой по y правой частью.

$$y' = f(t, y) \tag{13}$$

Если при этом $f_{y'}' \neq 0$, то (13) можно представить в виде

$$y = \frac{y'(t, y) - y}{\tau(t, y)}, \tag{14}$$

где функции y(t, y) и $\tau(t, y)$ определяются по формулам

$$y(t,y) = y - \frac{f(\tau,y)}{f'_{\nu}(t,y)}, \quad \tau(t,y) = \frac{1}{f'_{\nu}(t,y)}$$
(15)

Смысл этих функций особенно хорошо проясняется тогда, когда они постоянны. В этом случае уравнение (15) имеет решение, состоящее из двух слагаемых

$$y(t) = y_0 \cdot e^{-\frac{t}{t}} + y(1 - e^{-\frac{t}{t}})$$
 (16)

Первое слагаемое определяет влияние на решение начального значения y_0 . Оно стремиться к нулю (если $\tau > 0$) по экспоненциальному закону с характерным временем τ . Второе слагаемое асимптотически приближается к значению y тоже по экспоненциальному закону с тем же характерным временем τ . Оно определяет влияние на любое решение стацио-

нарного решения y. Таким образом, за время порядка τ начальные условия почти «забываются» и решение выходит на свое стационарное значение y, определяемое уравнением

$$F(t, \mathbf{y}') = 0 \tag{17}$$

Это свойство решений y(t) уравнения (17) сохраняется и в том случае, когда y(t) и τ изменяются со временем, но существенно медленнее, чем y(t), точнее, когда $\left| \frac{d}{dt} ln \, y \right| << \frac{1}{\tau}$.

В этом случае также решение y(t) за время порядка τ выходит (с точностью до $\tau \frac{d}{dt} y$) на стационарный режим y(t), определяемый из уравнения (17).

Вернемся теперь к модели динамической системы. Для удобства рассмотрения поделим величины $P,\,K,\,Z$ и R на их значения в 1970 г., а значком будем обозначать отклонения от единицы, т. е. в новой системе единиц все величины в 1970 г. равны единице (кроме X и X_F , а все отклонения равны нулю. Анализ численных экспериментов на модели показывает, что в области квазиоптимальных решений аргументы табличных функций изменяются в узких пределах, составляющих малую часть всей области их определения. В этих пределах можно с достаточной точностью аппроксимировать табличные функции линейными. Если принять, что аргументы изменяются в пределах

$$R_{R} \subset [0,75,1], C \subset [0,5,1],$$

 $X_{p} \subset [0,1], F_{p} \subset [0,5,1]$
 $P_{P} \subset [1,2], K_{p} \subset [1,2],$
 $Z_{p} \subset [1,10].$ (18)

то приближением табличных функций могут служить следующие линейные зависимости: $\Delta E_R = 0.7 \Delta R_R$, $\Delta D_P = 0.2 \Delta P_P$, $\Delta F_X = 0.5 \Delta X_P$, $\Delta D_Z = 0.05 \Delta Z_P$,

$$\Delta V_P = -0.4 \Delta P_P$$
, $\Delta B_F = \Delta F_P$, $\Delta V_Z = -0.01 \Delta Z_P$, $\Delta D_F = -2 \Delta F_P$, $\Delta R_C = \Delta C$, $\Delta K_C = \Delta C$, $\Delta R_C = -0.2 \Delta C$, $\Delta R_C = 0.3-0.6 \Delta R_D$, $\Delta R_C = -1.4 \Delta C$, $\Delta R_C = -0.1 \Delta R_D$, $\Delta R_C = -0.1 \Delta R_D$, $\Delta R_C = -0.01 \Delta R_D$, ΔR_C

Подставляя эти зависимости в динамические уравнения и пренебрегая членами более высокого порядка малости, получаем упрощенную аналитическую модель динамической системы

$$\dot{P} = \frac{P}{100} [1 - \Delta P + 3\Delta C + 9\Delta F_P - 0.2\Delta \left(\frac{Z}{P}\right)], \qquad \dot{K} = \frac{2PC - K}{40}$$
 (19)

$$X = ((1 + U_1 X_0^1) \cdot [0, 3(1 - 2\Delta F_P)] \cdot C / F_P - X) / 15,$$
(20)

$$\dot{Z} = 2K - P - \frac{Z}{\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{Z}{P}} - k \frac{U_z^0}{0.4} , \qquad \dot{R} = -PC + K \frac{U_R^0}{0.3} , \qquad (21)$$

$$F_{p} = 1 + 0.5 \left(\frac{R}{P} \frac{X}{0.3} - 1 \right) - 0.4 \Delta P - 0.01 \Delta \left(\frac{Z}{P} \right)$$
 (22)

Приравнивая нулю правые части дифференциальных уравнений (19-22), получаем уравнения стационарного состояния

$$P = 2 + 3 \Delta C + 9 \Delta F_P - 0.2 \Delta (Z/P), K=2PC, X = 0.3 (1+U_X^0) (C/F_P) (1-2 \Delta F_P),$$

$$Z = 3P \frac{4C(1 - \frac{U_z^0}{0.8})}{5 - 4C(1 - \frac{U_z^0}{0.8})}, \ U_X^0 = \frac{0.1 + 0.4 + \Delta F_p}{(C^2 / F_p)(1 - 2\Delta F_p} - 1. \ U_R^0 = 0.15.$$
 (23)

Задавая произвольные значения величин C, F_P и U_Z^0 , можно получить из уравнений (23) значения переменных P, K, X, Z, R, U_X^0 и U_R^0 .

В результате получают условия стационарности режимов управляемой модели типа «Мир-3». Формулы этой модели учитывают необходимость борьбы с загрязнениями и эрозией, разработку нетрадиционных ресурсов и управления распределением всех инвестиций

$$\begin{split} \frac{dK_R}{dt} &= U_R I - \frac{K_R}{T_R} \; ; \; \frac{dP_I}{dt} = B - \frac{P_I}{D_{L_I}} - \frac{P_I}{15} \; ; \; \frac{dP_2}{dt} = \frac{P_I}{15} - P_2 D_{L_2} - \frac{P_2}{30} \; ; \\ \frac{dZ}{dt} &= Z_{V_3}^{(20)} - \frac{Z}{C_Z T_Z} \; ; \; \frac{dK_S}{dt} = U_S I - \frac{K_S}{T_S} \; ; \; \frac{dA_P}{dt} = -\frac{IU_F I_X}{W_A} \; ; \; \frac{dA_U}{dt} = max \bigg\{ 0, \frac{PA_I - A_U}{T_U} \bigg\} \; . \end{split}$$

Таким образом, авторами предложенной модели «Мир — 3» установлена возможность стабилизации траектории развития мирового сообщества. Однако на современном этапе реализация такого подхода весьма проблематична из-за наличия противоречий в интересах членов мирового сообщества, которые зачастую носят, как мы уже говорили противоречивый и непримиримый характер. Это проявляется в идеологической, ИПВ и кибервойне между ними, в том числе на основе использования рассмотренных выше ТДП в интересах разведки реально складывающейся обстановки, наметившихся тенденций ее развития, а также использования ОС для нарушения ИБ ОЗ, его СИБ в процессе состязательности конкурирующих сторон в уровне развития.

Очевидно, что наличие такой проблемы приводит к неопределенности ситуации и результатов ее разрешения. Поэтому необходимость уменьшения такой неопределенности на основе учета влияния человеческого и природного факторов в их взаимосвязи приводит нас к выводу о целесообразности применения методов нейро-нечеткого эвентологического моделирования влияния природного фактора на результаты состязательности конкурирующих сторон в новых условиях XXI века.

Библиографический список

- 1.Жидко Е.А. Экологический менеджмент как фактор эколого-экономической устойчивости предприятия в условиях рынка: монография /Е.А. Жидко; Воронеж. гос.арх.-строит. ун-т.-Воронеж, 2009.-160 с.
- 2.Жидко Е.А., Природопользование: учебное пособие /Е.А. Жидко; Воронеж. гос.арх.-строит. ун-т.-Воронеж, 2008.-170 с.
- 3.Жидко Е.А., Попова Л.Г. Формализация программы исследований информационной безопасности компании/Е.А. Жидко, Л.Г. Попова. ВГТУ «Информация и безопасность», выпуск №12, Ч.4. Воронеж 2012. С.370-378

References

- 1. Zhidko E.A. Environmental management as a factor of economic and environmental sustainability of the enterprise in market conditions: the monography /EA. The liquid; Voronezh roc.apx.-building Univ.-Voronezh, 2009.-160 with.
- 2. Zhidko E.A. Management: textbook /EA. The liquid; Voronezh roc.apx.-building Univ.-Voronezh, 2008.-170 with.
- 3. Zhidko E.A, Popova L.. Formalization of a research program of information security of the company/EA. Liquid, L.G. Popova. Vilnius Gediminas technical University «Information and security», issue # 12, P.4. Voronezh 2012. C.370-378.

УДК 504: 621.74

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Д.т.н., проф. кафедры пожарной и промышленной безопасности В.Я. Манохин Россия, г. Воронеж, тел. 8(4732)36-93-50 email: Ivanova-eco@mail.ru
К.т.н., доц. кафедры пожарной и промышленной безопасности И.А. Иванова Аспирант кафедры пожарной и промышленной безопасности И.В. Манохин

Voronezh State University
of Architecture and Civil Engineering
D.Sc. in Engineering, Prof. of Department of
Fire and Industrial Safety V. Ya. Manokhin
Russia, Voronezh, tel. 8(4732)36-93-50
email: Ivanova-eco@mail.ru
Ph. D. in Engineering, Assoc., of Department
of Fire and Industrial Safety I.A. Ivanova
PhD-student, of Department of Fire
and Industrial Safety
M.V. Manohin

В.Я. Манохин, И.А. Иванова, М.В. Манохин

НОРМЫ НАКОПЛЕНИЯ ТБО, ИХ СОСТАВ И СВОЙСТВА

В статье рассмотрены тенденции изменения норм ТБО. Установлено, что имеет место двукратное увеличение прогнозных данных академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова. Морфологических состав при этом меняется в сторону увеличения содержания бумаги, картона и пластмасс в общем объеме ТБО.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, производство, территория, норма накопления, анализ, состав.

V.YA.Manohin, I.A.Ivanova, M.V.Manohin

THE RATE OF ACCUMULATION OF SOLID WASTE, THEIR COMPOSITION AND PROPERTIES

In the article the trends of solid waste regulations. It is established that there has been a doubling of projections Academy of Municipal Economy. KD Pamphilova. Morphological structure of this changes in the direction of increasing the content of the paper, cardboard and plastics in the total solid waste.

Keywords: municipal solid waste, the production, the area, the rate of accumulation, analysis, composition.

Твердые бытовые отходы (ТБО) являются отходами сферы потребления, образующимися в основном в результате трудовой деятельности населения. Они состоят из материалов и изделий, не пригодных для дальнейшего использования в быту. Эти отходы образуются и накапливаются в жилых домах, учреждениях, предприятиях общественного назначения (школах, больницах, зрелищных и детских предприятиях, гостиницах, магазинах, столовых и т.п.) [1].

К твердым бытовым отходам, входящим в норму накопления от населения, относятся отходы, образующиеся при производстве текущего ремонта, смет и опавшие листья, собираемые с дворовых территорий, а также крупные предметы домашнего обихода, так называемые крупногабаритные отходы (КГО).

Норма накопления - это количество отходов, образующихся на расчетную единицу (человек - для жилищного фонда; одно место - для гостиниц; 1 м^2 торговой площади - для магазинов и складов и т. д.) в единицу времени (день, год). Нормы накопления определяют в единицах массы (кг) или объёма (л, м 3).

Норма накопления ТБО подразделяется на два источника:

- 1) от жилых зданий;
- 2) от учреждений и предприятий общественного назначения (общественного питания, учебных, зрелищных, гостиниц, детских садов и др.).

Нормы накопления ТБО постоянно изменяются, отражая состояние снабжения населения товарами, и в то же время они в значительной мере зависят от местных условий.

На накопление ТБО влияют разнообразные факторы, основными из которых являются:

- степень благоустройства домовладений (наличие мусоропроводов, системы отопления, энергии для приготовления пищи, водопровода и канализации);
 - развитие сети общественного питания и бытовых услуг;
 - уровень производства товаров массового спроса и культура торговли;
- уровень охвата коммунальной очисткой и уборкой культурно-бытовых и общественных учреждений;
 - климатические условия.

Нормы накопления отходов принято разделять на дифференцированные (индивидуальные) по месту их образования и общие нормы на одного жителя в год.

Общие нормы накопления ТБО используют для расчетов количества спецмашин, оборудования и инвентаря для сбора и удаления отходов, расчета мощности сооружений, площадей для обезвреживания и переработки.

Вследствие влияния многочисленных факторов на накопление отходов плановые (расчетные) нормы могут быть использованы только в работах, связанных с планированием и прогнозированием, до установления и утверждения фактических местных норм.

Установление норм накопления ТБО должно проводиться согласно "Рекомендациям по определению норм накопления твердых бытовых отходов", разработанных Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова и утвержденных Минжилкомхозом.

Основные положения "Рекомендаций..." следующие:

- 1. Работа по определению или уточнению норм накопления ТБО проводится специальной комиссией, создаваемой местными органами управления;
- 2. Основными показателями при определении норм являются: масса, объем, средняя плотность и коэффициент суточной неравномерности накопления;
- 3. Для г. Воронежа учитывая, что на ближайшую перспективу основным способом обезвреживания станет промышленный метод и что уточнение морфологического состава ТБО необходимо в настоящее времяпроводить один раз в пять лет, необходимо определение морфологического состава твердых бытовых отходов;
- 4. Нормы накопления устанавливаются для жилых зданий и для объектов общественного назначения (как встроенных в здания, так и отдельно стоящих), имеющих основной удельный вес в общем балансе накопления отходов;
- 5. Нормы накопления определяются по жилым домам на одного человека; по объектам культурно-бытового назначения (гостиницы, кинотеатры, дошкольные учреждения и т.п.) на одно место; по магазинам на кв.м. торговой площади; по предприятиям общественного питания на одно посадочное место;
- 6. При определении накопления отходов целесообразно использовать стандартные контейнеры емкостью 750 литров;
- 7. Нормы накопления определяются по всем сезонам года. Замеры проводятся в течение семи дней без перерывов, независимо от принятой периодичности вывоза отходов;
 - 8. Уточнение норм целесообразно проводить через каждые 5 лет;

9. Полученные результаты по определению норм накопления ТБО утверждаются соответствующим решением Администрации города.

Рост обеспеченности населения бумагой и упаковочными материалами приводит к значительному повышению объема ТБО и снижению общей плотности.

Местные условия, в том числе и климатические, оказывают существенное влияние на величину накопления ТБО. Это вызвано продолжительностью отопительного сезона, периодом подметания покрытий, озеленением жилых районов, а также величиной потребления населением овощей и фруктов.

Один из наиболее сложно устанавливаемых показателей роста накопления является темп ежегодного изменения объема ТБО. В результате многолетних исследований, проведенных Академией коммунального хозяйства, установлено, что ежегодное увеличение нормы накопления ТБО составляет в среднем 2,65%, в зависимости от численности населения города.

В табл. 1 приведены ориентировочные нормы накопления ТБО.

Нормы накопления учреждений и предприятий общественного назначения приведены в табл. 2.

Данные табл. 1 и 2 могут использоваться для ориентировочных укрупненных расчетов и планирования на стадии предпроектных работ.

Таблица 1 Ориентировочные нормы накопления ТБО

Классификация жилищного	Норма наког	іления отходов	Средняя плотность, кг/м		
фонда	на	1 чел.			
_	кг/год	м ³ /год			
Жилые дома:					
благоустроенные:					
при отборе пищевых отходов;	180-200	0, 9-1	190-200		
без отбора пищевых отходов.	210-225	1-1, 1	200-220		
неблагоустроенные: без отбора пищевых отходов; жидкие отходы из непрони-	350-450	1,2-1,5	300		
цаемых выгребов неканализованных домов.	-	2-3,25	1000		
Общая норма накопления ТБО по благоустроенным и общественным зданиям для городов с населением более 100 тыс. чел.	260-280	1,4-1,5	190		
100 тыс. чел.	200-280	1,4-1,3	190		
То же, с учетом всех арендаторов.	280-300	1,5-1,55	200-220		

Примечание. Под благоустроенными жилыми домами подразумеваются дома с газом, центральным отоплением, водопроводом, канализацией;

под неблагоустроенными - дома с местным отоплением на твердом топливе, без канализации;

под общественными зданиями - детские сады, ясли, школы, вузы, техникумы, столовые, магазины, зрелищные и спортивные сооружения.

Таблица2 Ориентировочные нормы накопления ТБО отдельно стоящих объектов общественного назначения, торговых и культурно-бытовых учреждений

Obj. over obnesonovna ozvo	Норма накопления отходов				Пиотиости	
Объект образования отхо- дов	среднегодовая		среднесуточная		Плотность, кг/м ³	
дов	КГ	M^3	КГ	M^3	KI/M	
Гостиница (на 1 место)	120	0,7	0,33	0,0019	170	
Детский сад, ясли (на 1 место)	95	0,4	0,26	0,0011	240	
Школа, техникум, институт (на 1 учащегося)	19	0,1	0,05	0,00027	190	
Театр, кинотеатр (на 1 место)	30	0,2	0,08	0,00055	150	
Учреждение (на 1 сотрудника)	40	0,22	0,13	0,0007	180	
Продовольственный магазин (на 1 м ² торговой площади)	160	0,8	0,44	0,0022	200	
Промтоварный магазин	30	0,15	0,08	0,0004	200	
Рынок (на 1 м 2 торговой площади)	18	0,036	0,05	0,0001	300	
Санатории, пансионаты, дома отдыха (на 1 место)	250	0,93	0,68	0,0025	270	
Вокзал, автовокзал, аэропорт (на 1м^2 площади)	125	0,5	0,34	0,0014	250	

В связи с увеличением объема ТБО, поступающих от предприятий, организаций и учреждений и несоответствию действующим до этого времени норм фактическому объему накопления ТБО, в 1999 году Постановлением исполнительного комитета администрации города Воронежа "Об утверждении среднегодовых норм накопления твердых бытовых отходов в г. Воронеже" от 12.10. 99 № 57 были утверждены среднегодовые нормы накопления ТБО в городе на одного жителя в год. Этим же решением утверждены нормы накопления отходов от объектов общественного назначения и культурно-бытовых учреждений г. Воронежа. Указанные нормы введены для применения коммунальными и жилищными организациями, независимо от ведомственной принадлежности.

Из анализа результатов норм накопления ТБО по жилому сектору установлено, что наибольшее количество отходов приходится на частный сектор 2 $\rm m^3$ в год. По предприятиям торговли максимальные значения на одно торговое место составляет от 3 $\rm m^3$ до 6,42 $\rm m^3$, при этом Воронежа 3 $\rm m^3$, для Москвы 3,4 $\rm m^3$, для Твери 6,42 $\rm m^3$ ТБО в год.

Действующие в г. Воронеже нормативы образования (накопления) отходов по большинству показателей значительно ниже аналогичных нормативов, действующих в других городах Российской Федерации.

В ряде регионов разработаны нормативы в большей степени отражающих специфику различных объектов: например, для торговых объектов учитываются отходы, образующиеся не только в торговом зале (расчет по торговой площади), но и отходы от жизнедеятельности сотрудников, отходы, образующиеся в складских помещениях; для финансово-кредитных учреждений помимо отходов от сотрудников учитываются отходы, образующиеся в операционном зале; на предприятиях общественного питания помимо отходов, рассчитываемых от количества посадочных мест, учитываются отходы от складских помещений и отходы от жизнедеятельности сотрудников.

В ряде регионов вполне закономерно проведена более детальная градация объектов образования отходов: например, промтоварные магазины, торгующими различными видами

продукции, рассматриваются дифференцированно, т.к. торговля штучными товарами в упаковке производителя (ювелирные товары, аудио видео продукция и др).

Особое внимание следует уделить крупногабаритным отходам (КГО), поскольку в принятых по Воронежу нормах образования отходов о КГО ничего не известно [2,3].

К крупногабаритным отходам относятся отходы, по габаритам, превышающим стандартные контейнеры вместимостью $0.75~{\rm m}^3$. По результатам, проведенным АКХ им. К. Д. Памфилова во многих городах России, известно, что в среднем за год на 1 человека накапливается около $40~{\rm kr}$ КГО плотностью $210~{\rm kr/m}^3$, что в пересчете составляет $\textbf{0.19}~{\it m}^3$ /чел $\textbf{6}~{\it cod}$. Исключение составляет Москва, где КГО накапливается - $0.37~{\rm m}^3$ /год, что объясняется более высоким жизненным уровнем по отношению к другим городам. В таблице 3 приведен ориентировочный состав КГО.

Таблица 3 Ориентировочный состав крупногабаритных отходов

Материал	Содержание, % по массе	Составляющие			
Дерево	60	Мебель, обрезки деревьев, доски, ящики, фанера.			
Бумага, картон	6	Упаковочные материалы			
Пластмасса	4	Детские ванночки, тазы, линолеум, пленка			
Керамика, стекло	15	Раковины, унитазы, листовое стекло			
Металл	10	Холодильники, газовые плиты, стиральные ма- шины, велосипеды, баки, стальные мойки, ра- диаторы отопления, детали легковых машин, детские коляски			
Резина, кожа, изделия из смешанных материалов	5	Шины, чемоданы, диваны, телевизоры.			

Исходя из исследований, проведенных АКХ им. К.Д. Памфилова, можно определить нормы накопления отходов и на перспективу.

Для жилого сектора:

$$N_{np} = N_{ucx} (1 + 0.0265)^t \tag{1}$$

где N_{np} - прогнозируемая норма накопления отходов;

 N_{ucx} - применяемая (исходная) норма накопления отходов;

t - период прогнозирования лет.

0.0265 - коэффициент, учитывающий ежегодный прирост объемов накопления ТБО, т.е. 2.65%.

Для ТБО от отдельно стоящих объектов общественного назначения, торговых и культурно-бытовых учреждений [4].

$$M_{np} = M_{ucx} (1 + 0.005)^t \tag{2}$$

где M_{np} - прогнозируемая норма накопления отходов;

 M_{ucx} - применяемая (исходная) норма накопления отходов;

t - период прогнозирования лет.

0,005 - коэффициент, учитывающий ежегодный прирост объемов накопления ТБО, т.е. 0,5%.

Анализ фактически вывезенных на полигоны ТБО показывает, что реальные нормы образования отходов значительно превышают их прогнозные значения (формулы 1 и 2). Прирост норм накопления для жилого сектора составляет 5,2 %, а по торговым и культурнобытовым составляет 1%, что соответствует зависимостям 3 и 4 соответственно.

Исходя из исследований, проведенных АКХ им. К.Д. Памфилова, можно определить нормы накопления отходов и на перспективу.

Для жилого сектора

$$N_{np} = N_{ucx} (1 + 0.0520)^t \tag{3}$$

где N_{np} - прогнозируемая норма накопления отходов;

 N_{ucx} - применяемая (исходная) норма накопления отходов;

t - период прогнозирования лет.

0.0520 - коэффициент, учитывающий ежегодный прирост объемов накопления ТБО, т.е. 5,2%.

Для ТБО от отдельно стоящих объектов общественного назначения, торговых и культурно-бытовых учреждений.

$$M_{np} = M_{ucx} (1 + 0.01)^t \tag{4}$$

где M_{np} - прогнозируемая норма накопления отходов;

 M_{ucx} - применяемая (исходная) норма накопления отходов;

t - период прогнозирования лет.

0,01 - коэффициент, учитывающий ежегодный прирост объемов накопления ТБО, т.е. 0,1%.

ТБО по морфологическому признаку подразделяются на компоненты: бумагу, картон; пищевые отходы; дерево; металл (черный и цветной); текстиль; кости; стекло; кожа; резина; камни; полимерные материалы; прочие (неклассифицируемые части); отсев (менее 15 мм). По единой методике, принятой странами Восточной Европы, при необходимости добавляется компонент "садовые отходы". При проектировании предприятий по переработке ТБО необходимы сведения о морфологическом составе ТБО.

В табл. 4приведен морфологический состав ТБО для средней климатической зоны.

Таблица 4 Морфологический состав ТБО для средней климатической зоны, % массы (жилой сектор)

Компонент	Состав					
	По справочнику	По данным ООО "Эколайн"	По данным АКХ им. Памфилова (для Мо-			
		г. Воронежа	сквы)			
1	2	3	4			
Бумага, картон	32-35	22	32,72			
Пищевые отходы	32-45	35	37,18			
Дерево	1-2	1,5	1,45			
Металл черный	3-4	4	7,28** (5)			
Металл цветной	0,5-1,5	0,7	2,28			
Текстиль	3-5	5,5	4,25			
Кости	1-2	1,0	1,5			
Стекло	2-3	7	3,77			
Кожа, резина	0,5-1	1,5	1,58			
Камни, штукатурка	0,5-1	1,5	1,09			
Полимерные материа-	3-4	6	4,98			
лы	J-4	0	4,98			
Прочее	1 - 2	14,3*	-			
Отсев (менее 16 мм)	5-7		4,2			

Сезонные изменения состава ТБО характеризуются увеличением содержания пищевых отходов: с 20 - 25% весной, до 40 - 55% осенью, что связано с большим употреблением ово-

щей и фруктов в рационе питания. Зимой и осенью сокращается содержание мелкого отсева (уличного смета) с 11 до 5%.

Вывод. Анализ показывает, что морфологический состав ежегодно меняется в сторону увеличения картона, бумаги и пластмасса в общем объеме ТБО.

Библиографический список

- 1. Основные проблемы ТБО городского округа г.Воронеж / И.А. Иванова, В.Я. Манохин, А.Н. Шестаков // Экологи и рациональное природопользование. Материалы Межрегиональной научно-практической конференции Воронеж, 2011. С.76-84.
- 2. Пути решения проблемы обращения с ТБО / В.Я. Манохин, М.В. Манохин, И.А. Иванова // актуальные вопросы по экологии: материалы VIII Межрегиональной научнопрактической конференции. Воронеж, 2012. С.191-194.
- 3. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию. СНиП 2.01.28-85. М.: 2001.
- 4. Экономика организации (предприятия): Учебник / Под ред. Н.А. Сафронова. 2-е изд., перераб. и доп. -М.: Экономисть, 2004. 618 с.

References

- 1. The main problems of urban solid waste County Voronezh / IA Ivanov, VY Manohin, AN Shestakov / / Ecology and environmental management. Proceedings of the Interregional Scientific Conference Voronezh, 2011. P.76-84.
- 2. Solutions to the problem of handling solid waste / VJ Manohin, MV Manohin, IA Ivanova / current issues in ecology: Materials VIII Interregional Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2012. P.191-194.
- 3. Landfills for the disposal and dumping of toxic industrial waste. The main provisions of the design. SNIP 2.01.28-85. M.: 2001.
- 4. The economics of organization (enterprise): Textbook / Ed. NA Safronov. 2nd ed., Rev. and add. -M.: Economists, 2004. 618.

УДК 534.322.3

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Ст. преподаватель кафедры архитектурного проектирования и градостроительства И.А. Сухорукова

Россия, г. Воронеж, тел.8(4732)79-83-59

e-mail: i-sukhorukova@vandex.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Senior teacher of architectural design and urban development department I.A. Sukhorukova Russia, Voronezh, tel. 8(4732)79-83-59 e-mail: i-sukhorukova@yandex.ru

И.А. Сухорукова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УМЕНЬШЕНИЯ ШУМА В ГОРОДАХ

Рассмотрены вопросы шумового загрязнения приаэродромных территорий и предложены методы защиты территорий от повышенных уровней шума. Проведено теоретическое исследование расчета шума территории градостроительными методами Предложена алгоритмическая математическая модель анализа шумового загрязнения приаэродромных территорий.

Ключевые слова: акустические экраны, шумозащитные сооружения, зеленые насаждения, шумозащитные полосы, приаэродромные территории.

I.A. Sukhorukova

ECOLOGICAL ASPECTS OF REDUCTION OF NOISE IN THE CITIES

The problems of noise protecting constructions for the improvement of near aerodrome territories acoustic situation are considered. Theoretical calculation for noise abatement by architectural measures has been carried out. Algorithmic mathematical model of near airfield territory noise pollution analysis has been offered.

Keywords: acoustic screens, noise protecting constructions, greenery, noise protecting spaces.

Серьезным фактором, ухудшающим среду жизнеобеспечения человека, является шум. Шум - это постоянный компонент урбанизированных территорий, являющийся одним из основных видов загрязнения окружающей среды.

Большая часть шумового загрязнения связана с движением транспорта, который на общем фоне дает до 80 % шума. В крупных городах, в зонах повышенного уровня шума, создаваемого транспортом, проживает 30 % населения. Различные источники шумового загрязнения создают постоянный звуковой фон, сопровождающий людей. Физическая адаптация человека к шуму невозможна. Для человека шум является общебиологическим раздражителем, который в определенных условиях влияет на весь организм, включая нервную систему, зрение, пищеварение, обмен веществ и другое [3].

Значительное влияние на ухудшение шумового режима в городах оказывает воздушный транспорт. В среднем для города нормальным уровнем шума днем считается 55 дБА, на автомагистралях его интенсивность достигает 90 дБА, у железной дороги 75-80 дБА, по трассам пролета самолетов он составляет 90 дБА [3], а в черте аэродрома достигает 100-110 дБА. При этом если ширина зоны акустического дискомфорта в городской зоне от прохождения автомобилей может достигать 700- 900 м, в зависимости от типа прилегающей застройки, то шум, возникающий от пролета воздушного судна распространяется на несколько километров.

По-прежнему особенно актуальна проблема защиты от авиационного шума остается для населения, проживающего в районе существующих аэропортов, введенных в эксплуатацию в 60-70-х годах [1].

Некоторые из действующих на территории нашей страны аэродромов были построены сравнительно давно и вследствие расширения границ городов, где они находятся, оказались в жилой зоне. К числу таких аэропортов относятся и Воронежские.

Функциональное зонирование городской территории предусматривает четкую дифференциацию отдельных функциональных зон по назначению и взаимоувязку создаваемой в них шумовой нагрузки с показателем потребности в шумозащите. Для рационального использования территории в окрестностях аэродромов было уточнены и выделены три зоны с различной степенью акустического благоустройства.

Первая зона с повышенными уровнями шума — территория, прилегающая к границам аэродромов и аэропортов, где могут размещаться только промышленные и коммунальноскладские предприятия, для которых авиационный шум не нарушает нормативных требований по ограничению шума на рабочих местах согласно [4]. В этой зоне для снижения уровня шума необходимо располагать специальные шумозащитные экраны.

Вторая зона (до 65 дБА) допускается размещение промышленных зданий и сооружений, административно-общественных зданий и в отдельных случаях жилых зданий с повышенной звукоизолирующей способностью ограждающих конструкций.

В третьей зоне (до55 дБА) разрешается жилое строительство без ограничений. Вблизи границ зоны строительство лечебно-профилактических, детских и оздоровительных учреждений не рекомендуется.

Функциональное зонирование селитебной территории должно предусматривать размещение предприятий торговли, общественного питания, бытового обслуживания, учреждений коммунального хозяйства и др. в зоне, примыкающей к источникам шума.

При необходимости размещения жилой застройки на границе микрорайонов вблизи приаэродромных территорий следует располагать специальные шумозащитные жилые здания. Для обеспечения акустического комфорта на территории микрорайонов желательно применять композиционные приемы группировки жилых зданий, основанные на создании замкнутого пространства микрорайона в сторону источника шума.

Градостроительные меры снижения шума имеют максимальную эффективность в условиях нового строительства. В настоящее время в основном осуществляется реконструкция городов, и в связи с этим возможность использования градостроительных методов значительно ниже.

Снижение шума на путях распространения являются эффективными средствами в условиях плотной городской застройки. К этим средствам относятся снижение шума зелеными насаждениями и экранирующими сооружениями. Экранирование шума сооружениями является достаточно эффективным способом, как при новом строительстве, так и в условиях реконструкции застройки. Экраны — стенки легко вписываются в существующую застройку, как правило, не нарушая ее архитектурно-планировочных параметров. Экраны — стенки являются наиболее эффективными мерами для борьбы с шумом в сложившейся городской застройке. В настоящее время накоплен большой опыт строительства и эксплуатации экрановстенок, имеющих различные конструктивные решения и различную акустическую эффективность.

Для усиления эффекта снижения шума акустическими экранами, а также для улучшения эстетического восприятия установки экранов рекомендуется совмещать использование экранов с посадками зеленых насаждений. При реконструкции существующей застройки или новом строительстве в качестве экранирующих устройств используются здания различного

назначения, в том числе жилые или общественные здания-экраны. Здания-экраны выполняют функцию шумозащиты, обеспечивая комфортные условия на селитебной территории, находящейся за ними по отношению к аэродромным территориям. Шумозащита в них достигается за счет соответствующих объемно-планировочных и конструктивных решений. Здания — экраны дорогостоящи и их применение в застройке достаточно ограничено. Их целесообразно применять на приаэродромных территориях, уровень звука от которых на линии застройки достигает 80 дБА и более или уровень шума в помещениях превышает установленные нормы на 20-25 дБА [3]. Расчеты шума в случае экранов в виде зданий, выемок и насыпей выполняются по методикам, имеющим достаточную точность. Сравнение экспериментальных и расчетных данных показывает удовлетворительное согласование результатов [2].

В качестве средства для защиты от шума жилой застройки на территории буферных зон рекомендуется использование зеленых насаждений. Эффект снижения шума в зеленых насаждениях зависит от характера посадок, породы деревьев и кустарников, времени года, а также частотного состава шума, распространяющегося через эти насаждения. Однако, для получения шумозащитного эффекта в результате применения данного мероприятия необходимо посадка зеленых насаждений в виде шумозащитных полос, отличительными особенностями которых являются, плотная посадка крупномерных быстрорастущих древеснокустарниковых полос с густоветвящейся низкоопущенной плотной кроной подкроновое пространство должно быть занято кустарниками.

В ходе исследования было определено, что для снижения уровня шумового загрязнения целесообразно принятие следующих градостроительных мероприятий:

- новое строительство, при котором применяются все необходимые средства защиты от шума (наличие C33);
- реконструкция территорий, при которой необходимо применение экологической реконструкции, включающей градостроительные и архитектурно-строительные мероприятия.

Объективная оценка шумового загрязнения территорий поселений, прилегающих к аэродромам, а также разработка мероприятий по уменьшению шумовой нагрузки на территории поселений можно осуществить с помощью алгоритмической-математической модели, схема которая представлена на рисунке.

Модель состоит из двух уровней.

Первый уровень включает необходимые исходные данные и определяет направления расчетов. Рассматриваются два главенствующие направления: технологическое, не рассматриваемое в данной работе и градостроительные. Дальнейший путь расчета зависит от вида строительства: новое, которое модель не рассматривает, и реконструкцию территорий. При реконструкции территорий, определяющим дальнейшее функционирование модели, является санитарно-защитная зона. Если ее размеры удовлетворяют исходные данные - расчет закончен, если нет - вступает в работу второй уровень модели.

Второй уровень модели - собственно экологическая реконструкция территории, предусматривает результаты расчетов по двум направлениям градостроительства: градостроительные решения (Блок 1) и архитектурно-строительные решения (Блок 2).

Градостроительные решения (Блок 1) представлены тремя подблоками (рис 1):

- 1.1 планирование территорий предусматривающий возможность изменения функционального назначения территорий;
- 1.2. благоустройство территорий, выключающее шумозащитное озеленение, вертикальную планировку и т.д.;
- 1.3. размещение шумозащитных экранов от простых конструкций, только отражающих звуковую волну, до емкостных, позволяющих в дополнение к отражению звуковой волны еще и ее поглощение.

Архитектурно-строительные решения (Блок 2) представлены тремя подблоками:

- 2.1. ограждающие конструкции, позволяющие увеличивать звукопоглощающую возможность ограждения;
- 2.2. изменение архитектурно-планировочной структуры здания, позволяющий с изменением планировки и этажности здания уменьшить на него шумовое давление;
- 2.3. изменение функционального назначения здания, позволяющего воспринимать большее звуковое давление.

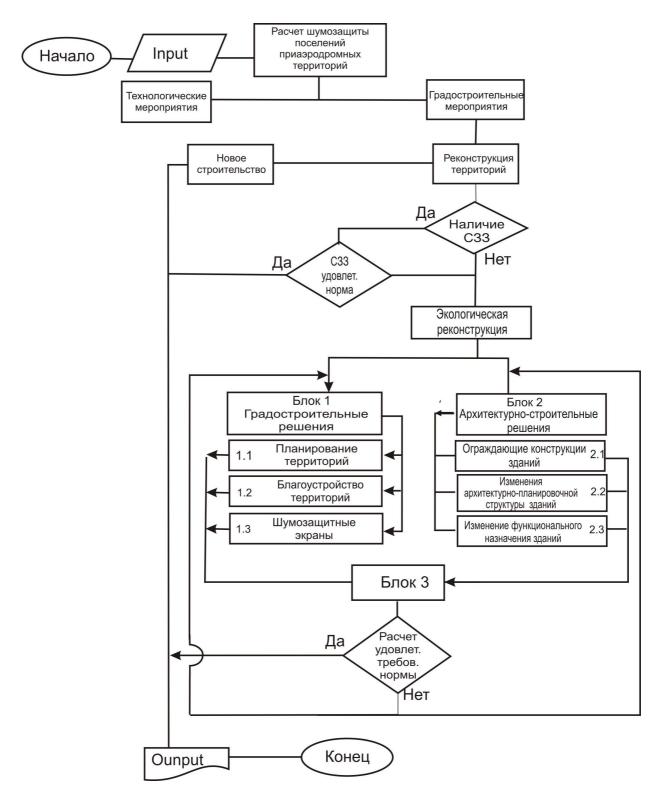


Рис. Схема алгоритмической модели расчета шумозащиты поселений приаэродромных территорий

Блок 3 служит для перебора вариантов от простейших сочетаний внутри блоков 1 и 2 различных сочетаний между входящими в эти блоки составляющих.

Задача алгоритма заключается в том, чтобы выбрать оптимальный вариант проводимых мероприятий для уменьшения шумовой нагрузки на приаэродромные территории. Для этого мы сначала сравниваем уровень снижения звука каждого мероприятия из блока 1 с оптимальным уровнем звука, являющимся нормируемым, согласно [4]

Удовлетворяющий расчету вариант экологической реконструкции рассматриваемой территории ограниченной величиной звукового давления действующими нормами[4].

Каждое из этих мероприятий снижает уровень шума до нормируемой величины. Задача алгоритма заключается в том, чтобы выбрать оптимальный вариант проводимых мероприятий для уменьшения шумовой нагрузки на приаэродромных территориях.

Алгоритмическая математическая модель позволяет представить всю систему шумозащитных мероприятий на приаэродромных территориях.

Библиографический список

- 1. Градостроительные меры борьбы с шумом./ Г. Л. Осипов, Б.Г. Прутков, И.А. Шишкин. М., Стройиздат, 1975. 215 с.
- 2. Шум на транспорте / Пер. с англ. К.Г. Бомштейна. Под ред. В.Е. Тольского, Г.В. Бутакова, Б.Н. Мельникова. М.: Транспорт, 1995.
- 3. Шум города. Оценка и регулирование шумового режима селитебных территорий: Учебное пособие / Н.П. Заборщикова, С.В. Пестрякова. М.: Издательство АСВ; СПбГАСУ, 2004-112 с.
 - 4. Защита от шума СНиП 23-03-2003.- СПб: Издательство ДЕАН, 2004, 74 с.

Reference

- 1. Urban development noise protecting measures. / G.L. Osipov, B.G. Prutkov, I.A. Shishkin. M. Stroyizdat, 1975, 215 sec.
- 2. Transport noise / English tr. K.G. Bomshtein. Under reduction of V.E. Tolsky, G.V. Butakov, B.N. Melnikov. M. Transport, 1995, 368 sec.
- 3. Town noise. Evaluation and regulate regime noise urban territories. / N.P. Zaborshikova, S.V.Pestrykova. M., Mockery ACB; SPb; Sankt-Peterburg state Architectural Building University, 2004, 112 sec.
 - 4. Sound protection BN and R 23-03-2003- SPb: Publication DEAN, 2004, 38 sec.

УДК 504.3.054:625.717

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Адъюнкт 2 лаборатории научно-исследовательской В.В. Татаринов Россия, г. Воронеж, тел. 8 (908)144-23-17 e-mail: Valery-Tatarinoff@yandex.ru

Air Force Education and Research Center The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy (c. Voronezh)
The Postgraduate Student of 2 Laboratories The Research V.V. Tatarinov
Russia, Voronezh, 8 (908)144-23-17
e-mail: Valery-Tatarinoff@yandex.ru

В.В. Татаринов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЭРОДРОМА ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ «ВОРОНЕЖ-Б»

Актуальной является проблема повышения экологичности воздушных судов и автотранспорта на аэродромном комплексе. В статье проведен анализ выбросов в атмосферу. Также приведена модель распространения загрязняющих веществ в атмосфере.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, угарный газ, диоксид азота, экологичность.

V.V. Tatarinov

EXPERIMENTAL RESEARCH OF GEOECOLOGICAL CONDITION OF STATE AVIATION «VORONEZH B» AERODROME ENVIRONMENT

The problem of ecological compatibility of air and motor vehicles at airdromes is urgent today. In the article air pollutant emission analysis. Air pollutant propagation model is dwelled on.

Keywords: air pollutants, carbon monoxide, nitrogen dioxide, ecological compatibility.

К сожалению методы метеозависимой оценки геоэкологического состояния атмосферы развиты в основном для городов. Аэродромы государственной авиации (АГА) – как локальнотехногенные системы гораздо менее исследованы в экологическом плане. Известны индексы эмиссии загрязняющих веществ (ЗВ) от двигателей воздушных судов (ВС), работающих в различных режимах [1], а также от двигателей автомобилей [2]. Эти данные позволяют оценить только валовые выбросы ЗВ на АГА, но не позволяют оценить пространственное загрязнение атмосферы и почвы на аэродромах. Существующие модели турбулентного рассеяния газообразных ЗВ в атмосфере не могут быть использованы для АГА по следующим причинам:

- основной источник эмиссии 3B на AГA площадка предварительной и предполетной подготовки (ППП) не является для служб обслуживания BC и управления полетами точечным;
- факел отработавших газов воздушного судна является пространственно-распределенным источником ЗВ со сложным распределением температур в нем;
- на ППП могут располагаться группировки, содержащие различное количество ВС и средств наземного обслуживания общего применения (СНО ОП).

Загрязнение почв АГА тяжелыми металлами и органическими веществами также слабо исследовано, и не существует математических моделей, позволяющих рассчитать их рассеяние в различных метеоусловиях.

В статье приведены метеозависимые экспериментальные результаты измерения загрязнения оксидом углерода и диоксидом азота площадки ППП технической позиции обслуживания воздушных судов (ТПОВС), представленной на рисунке 1.

Пространственный источник эмиссии – площадка ППП, на которой находятся минимум два ВС и три СНО ОП. Один самолет проверяет двигатели у газоотбойника, а другой – готовится к взлету (рисунок 1). При увеличении числа самолетов у газоотбойников – пропорционально увеличивается и масса выбросов. Рассеяние этих 3В происходит в ограниченном объеме технической позиции обслуживания воздушных судов, в то время как на взлетно-посадочной полосе рассеяние идет по всей ее длине от одного ВС.

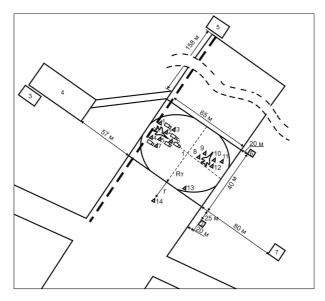


Рис. 1. Схема технической позиции обслуживания воздушных судов:
1 - ППП ТПОВС; 2 - домик технического состава; 3 - вышка дежурного по АТО;
4 - стоянка средств АТО; 5 - авиационная ТЭЧ; 6 - домик технического состава;
7 - пункт управления полетами; ∆ - точки отбора проб

В процессе измерений варьировались расстояния от ВС до наблюдателя (точки отбора проб), фиксировалась скорость и направление ветра, а также наличие инверсии (по данным метеонаблюдений и аэрологическим диаграммам). На рисунке 2 показан факел выбросов ЗВ от ВС, где крайняя изолиния соответствует фоновым концентрациям ЗВ.

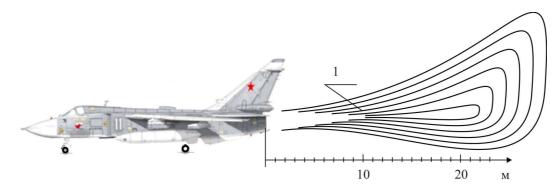


Рис. 2. Схема факела выбросов 3B от BC: 1 – линии равных концентраций 3B от сопла BC

С учетом выявленной пространственной структуры факелов выбросов ЗВ от ВС были выбраны стационарные точки отбора проб для стандартной группировки – два действующих

ВС и пять СНО ОП на площадке ППП. Эти 13 точек показаны на рисунке 1. Также измерялась концентрация 3В на расстоянии r = 20 м от ее края в точке №14.

Расположение точек измерений подбиралось экспериментально по следующим основаниям: пять точек располагалось вокруг каждого BC и обеспечивающими его CHO ОП в зоне их взаимодействия, где турбулентность атмосферы максимально возможная, и среднеквадратичные отклонения результатов измерений достаточно большие. Одна точка №13 располагалась на краю площадки ППП на расстоянии 20 м от BC в конце факела его двигателя, где турбулентность атмосферы также достаточно высокая. Две точки располагались по периметру площадки ППП, где наблюдался низкий уровень турбулентности. На расстоянии 20 м от края площадки ППП по ее периметру концентрации 3В еще превышала предельнодопустимые концентрации (ПДК), но отклонения от средних значений были незначительные. Поэтому точка №14 при r = 20 м (рисунок 1) была выбрана в качестве опорной, для экспериментальной оценки коэффициента рассеяния газообразных 3В.

Всего в этих 14 стационарных точках было произведено по 756 измерений в теплый и холодный периоды года, из них 420 измерений – при благоприятных метеоусловиях, а 336 – при неблагоприятных.

Атмосфера чрезвычайно динамичная среда. Мгновенные значения концентраций ЗВ в каждой точке наблюдения быстро изменяются. Поэтому, поскольку невозможно установить на площадке ППП 14 стационарных постов, измерения различных ЗВ производились одним газосигнализатором «Комета-М» три раза в каждой точке в течении летной смены, когда состав группировки на площадке ППП неизменен.

Результаты измерения концентраций оксида углерода (CO) и диоксида азота (NO₂) в теплый период года при благоприятных для образования 3В условиях приведены в таблицах 1-2. В холодный период года наблюдается аналогичная картина распределения концентраций 3В, однако с меньшими значениями по сравнению с теплым периодом года во всех точках измерений, поэтому эти данные не приводятся.

Таблица 1 Измерения СО при неблагоприятных метеоусловиях: теплый период, $V_{cp}=1,3$ м/c, C3, C, CB, инверсия, $\alpha=0,045$

Цамар жан	Измеряемый параметр								
Номер точ-		$C_{CO_{i}}$ мг/м 3							
ки измере- ний	9 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	13 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	17^{00} - 19^{00}	C_{cp}	σ	$\Delta_{ ext{полн}}$	E, %	С	
1	18	21	16	18	2,5	3	16,7	18±3	
2	17	19	20	19	1,6	2	10,5	19±2	
3	16	13	15	12	3,6	4	33,3	12±4	
4	38	36	35	36	1,6	2	5,5	36±2	
5	37	41	40	39	2,1	2	5,1	39±2	
6	25	29	26	27	2,1	2	7,4	27±2	
7	28	31	29	29	1,2	1	3,4	29±1	
8	18	19	16	18	1,6	2	11,1	18±2	
9	17	18	16	17	1	1	5,9	17±1	
10	16	13	17	15	2,1	2	13,3	15±2	
11	17	15	15	16	1,2	1	6,2	16±1	
12	16	14	18	16	2	2	12,5	16±2	
13	28	31	26	28	2,5	3	10,7	28±3	

Пространственное распределение коэффициента концентрации оксида углерода в теплый период при неблагоприятных метеоусловиях (МУ) приведено на рисунке 3а.

Измерения NO_2 при неблагоприятных метеоусловиях: теплый период, $V_{cp}=1,3$ м/с, C3, C, CB, инверсия, $\alpha=0,1$

II	Измеряемый параметр								
Номер точ-	$C_{NO2, M\Gamma/M}^3$								
ки измере- ний	9 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	13 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	17 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	C_{cp}	σ	$\Delta_{ ext{полн}}$	E, %	С	
1	1,12	1,07	1,1	1,09	0,03	0,03	2,8	1,09±0,03	
2	1,14	1,03	1,09	1,08	0,06	0,06	5,6	1,08±0,06	
3	0,52	0,62	0,68	0,61	0,08	0,08	13,1	0,61±0,08	
4	1,07	1,09	1,1	1,08	0,02	0,02	1,8	1,08±0,02	
5	1,14	1,12	1,08	1,11	0,03	0,03	2,7	1,11±0,03	
6	0,84	1,06	1,02	0,97	0,12	0,12	12,4	0,97±0,12	
7	1,12	1,09	0,95	1,05	0,09	0,09	8,6	1,05±0,09	
8	0,09	0,11	0,13	0,11	0,02	0,02	18,2	$0,11\pm0,02$	
9	0,12	0,1	0,11	0,11	0,01	0,01	9,1	$0,11\pm0,01$	
10	0,11	0,07	0,13	0,1	0,03	0,03	30	$0,1\pm0,03$	
11	0,1	0,08	0,11	0,09	0,02	0,02	22,2	$0,09\pm0,02$	
12	0,08	0,16	0,12	0,12	0,04	0,04	33,3	$0,12\pm0,04$	
13	0,21	0,2	0,18	0,19	0,02	0,02	10,5	$0,19\pm0,02$	

Из рисунка За видно, что в этом случае в опасную зону попадают оба домика техсостава – объекты №2 и №6. Превышение ПДК по объекту №6 – в 4 раза и по объекту №2 – в 2 раза.

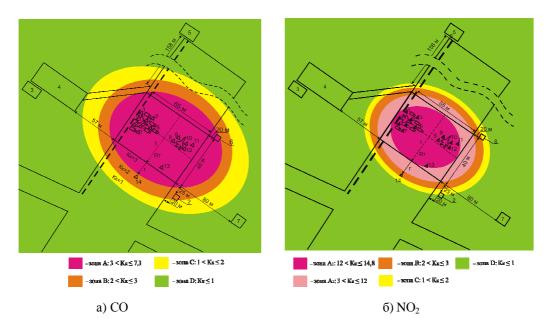


Рис. 3. Распределение коэффициентов концентраций СО и NO_2 по площадке ППП (теплый период, неблагоприятные МУ)

Пространственное распределение коэффициента концентрации диоксида азота в теплый период при неблагоприятных МУ приведено на рисунке 3б. Значения концентраций всех зон диоксида азота по сравнению с концентрациями угарного газа значительно выше, но распространяются на меньшие расстояния. Поэтому видно, что в этом случае в опасную зону попадает только один домика техсостава – объект №6, где концентрация диоксида азота на уровне ПДК.

Отбор проб почвы производился в четырех точках по периметру площадки ППП на расстояниях от 20 м до 35 м от ее края. Усредненные результаты анализа, проведенного в аккредитованной лаборатории, приведены в таблице 3.

Значения концентраций основных элементов-загрязнителей в почве аэродрома «Воронеж-Б», мг/кг

Элемент	ПДК, ОДК	Фактическое содержание	Региональный фон
Кадмий (Cd)	2,0	0.37 ± 0.08	0,32
Ртуть (Hg)	2,1	$0,025 \pm 0,008$	0,009
Свинец (Pb)	32	$29,5 \pm 6,2$	24,8
Цинк (Zn)	220	$170 \pm 35,7$	51,4
Нефтепродукты	_	1019 ± 225	196

Проведенные экспериментальные исследования геоэкологического состояния атмосферы и почвы на аэродроме «Воронеж-Б» позволяют сделать следующие выводы:

- 1. Среднеквадратичные отклонения концентраций ЗВ по площадке ППП от различных источников эмиссии в соответствующих точках наблюдения не превосходят ПДК. Временные и пространственные среднеквадратичные отклонения концентраций ЗВ на площадке ППП в течении летной смены меньше их средних значений, даже при минимальном составе группировки. При увеличении плотности группировки распределение ЗВ по площадке ППП становится более однородным. Период измерений и метеоусловия слабо влияют на горизонтальное распределение ЗВ в турбулентной атмосфере на площадке ППП. Эти факторы значительно влияют только на среднюю концентрацию ЗВ на площадке ППП. Поэтому площадку ППП можно считать пространственным квазистационарным источником эмиссии ЗВ, концентрация которых постоянна в течении летной смены.
- 2. Концентрации тяжелых металлов в почвах аэродрома не превышают ПДК. Выше регионального фона зафиксированы концентрации: свинца (0,92 ПДК), цинка (0,77 ПДК), кадмия (0,19 ПДК), ртути (0,02 ПДК). В почвах аэродрома вблизи площадки ППП не обнаружено бенз(а)пирена, чрезвычайно опасного ЗВ. Это связано с большим временем жизни частиц бенз(а)пирена в атмосфере и значительным рассеянием от источника эмиссии. Региональный фон по углеводородам превышен в 5,2 раза, что, по-видимому, связано с прямыми разливами нефтепродуктов при обслуживании ВС.

В целом загрязнение почвы на аэродроме «Воронеж-Б» находится на допустимом уровне.

- 3. Основную экологическую опасность для персонала аэродрома представляют оксид углерода и диоксид азота, концентрации которых в атмосфере на площадке ППП многократно превышают ПДК. Зафиксированные максимальные превышения ПДК по оксиду углерода на площадке ППП в 7,3 раза, а по диоксиду азота в 14,8 раза. При увеличении плотности группировки на площадке ППП эти величины могут существенно возрастать.
- 4. Оценены удельные выбросы 3В в отработавших газах ВС и СНО ОП на площадке ППП. На одно воздушное судно в неблагоприятных условиях они составляют 8,36 мг/м 3 по оксиду углерода и 0,224 мг/м 3 по диоксиду азота. На один автомобиль в неблагоприятных условиях они равны 1,76 мг/м 3 и 0,047 мг/м 3 соответственно. Эти данные позволяют рассчитать концентрацию 3В на площадке ППП при любом составе группировки ВС и СНО ОП.

Библиографический список

- 1. Кулагин Ю.Н. Нормирование и снижение выбросов загрязняющих веществ в сфере авиационно-космической деятельности. Москва, 2004.
 - 2. Морозов К.А. Токсичность автомобильных двигателей. М.: Легион Автодата, 2000.

- 1. Kulagin Y.N. Pollutions Standardization and Reduction in the Aviation and Space Activities Sphere. Moscow, 2004.
 - 2. Morozov K.A. Toxicity of automobile engines. M: A legion Avtodata, 2000.

УДК 628.147

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Доктор. техн. наук, проф. кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения В.И. Щербаков

Канд. техн. наук, проф. кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения Е.В. Дроздов

Канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения В.В. Помогаева

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-50-48 e-mail: pomogaeva8@mail.ru

Civil Engineering
Dr .Sci., prof. of chair of hydraulics, water supply and water disposal water disposal
V.I. Shcherbakov
Ph. Sci., prof. of chair of hydraulics, water supply and water disposal
E.V.Drozdov

Voronezh State University of Architecture and

Ph. Sci., associate professor of hydraulics, water supply and water disposal V.V. Pomogaeva

Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-71-50-48 e-mail: pomogaeva8@mail.ru

В.И. Щербаков, Е.В. Дроздов, В.В. Помогаева

ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ ГОРОДОВ И СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

Проанализированы проблемы систем водоснабжения малых населенных пунктов, их влияние на качество жизни населения. Рассмотрены основные элементы сети и перспективы их реконструкции и модернизации. Приведен комплекс мероприятий по модернизации и развитию системы водоснабжения малых городов и сельских поселений.

Ключевые слова: водопроводная сеть, очистные сооружения, запасно-регулирующие резервуары, частотные преобразователи, модернизация систем водоснабжения.

V.I. Shcherbakov, E.V Drozdov, V.V. Pomogaeva

PROBLEMS OF SYSTEMS OF WATER SUPPLY SMALL CITIES AND RURAL SETTLEMENTS

Problems of systems of water supply of small settlements, their influence on quality of life are analyzed. Basic elements of a network and prospect of their reconstruction and modernization are considered. The complex of actions for modernization and development of system of water supply of the small cities and rural settlements is given.

Keywords: water supply system, treatment facilities, spare regulating tanks, frequency converters, modernization of systems of water supply.

В России централизованные системы водоснабжения работают в 99,6% городов, 88% поселков городского типа и в 22% сельских населенных пунктов. Системой централизованного водоснабжения оборудованы 33,9 тыс. или 22% от общего количества сельских жителей. Около 9 млн. человек сельского населения страны не имеют доступа к качественной воде. Большинство систем водоснабжения не оборудованы необходимыми сооружениями и технологическим оборудованием для улучшения качества воды или работает неэффективно, при этом 65% локальных водопроводов нуждается в реконструкции и 10% — в полном восстановлении.

В результате 75% сельского населения вынуждено пользоваться водой, не соответствующей санитарным нормам. Основная часть сельского жилищного фонда не оборудована инженерными коммуникациями, например, водопровод имеется в 39% сельских жилых домов, канализация — в 30%, центральное отопление — в 37%, горячее водоснабжение — в 17% [1].

В настоящее время, по данным Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения, средний износ водопроводных сетей составляет около 75% с колебаниями от 56% до 92%, а канализационных 70% [2]. Восстановление сетей водопровода, включая новое строительство, за последние 5 лет составило 0,7% от общей протяженности, а канализационных сетей - 0,4%, при нормативе 5% в год. Старение сетей за указанный период составило по водоснабжению 21,5%, по водоотведению - 23%. В 28% городов утечки и неучтенный расход воды превысил 30% от объема воды, поданной в сеть. Почти во всех российских городах значительная часть водопроводных сооружений и сетей находится в эксплуатации более 40 лет, что привело к частичному или полному их разрушению и несоблюдению технологических процессов.

Затраты электроэнергии на производство и реализацию 1 куб. м воды в России на 30% выше среднеевропейского уровня, при расчете вдопотребления воды на одного жителя.

Водоснабжение крупных городов России, как правило, осуществляется из поверхностных источников, а малых населенных пунктов из подземных. Проблемы развития и неудовлетворительного состояния систем водоснабжения малых городов и сельских поселений обусловлены определённой стихийностью развития этих систем и недостаточным вниманием к их эффективности и качеству подаваемой воды населению.

По мере развития населённого пункта, устраиваются дополнительные скважины около новой зоны строительства, которые подключаются к существующей водопроводной сети. В результате выстраивается централизованная системы водоснабжения с децентрализованными источниками питания, в которых одна или группа скважин обеспечивает водой определённую зону. Это минимизирует транзитные потоки и диаметры водопроводных сетей, снижает стоимость и обеспечивает возможность поэтапного развития всей системы водоснабжения. Однако, при этом существенно снижается надёжность системы, что и наблюдается в малых городах и населенных пунктах, при выходе из строя одной или группы скважин, так как подача воды из соседних зон с обеспечением требуемых напоров часто практически невозможна, из-за заниженных диаметров трубопроводов магистрального назначения. В результате этого образовывается несовершенная с гидравлической точки зрения, система трубопроводов, как правило, диаметром 100-200 мм, к которой присоединены до 10 и более одиночных скважин и водонапорных башен, расположенных в различных точках населенного пункта.

Одной из причин нехватки воды в сети, являются большие перепады диаметров труб, в результате не соблюдается нормальное потокораспределение: одни кольца водопроводной сети оказываются перегруженными, другие недогруженными. Минимальный напор сети водопровода, при максимальном хозяйственно-питьевом водозаборе на вводе в здание, составляет не менее 10м, но при строительстве в населенных пунктах многоэтажных зданий этого напора недостаточно для обеспечения их водой. Данные тенденции роста водопотребления свидетельствуют о том, что производительность скважин не в состоянии обеспечить подачу воды потребителям в полном объеме и требуемом объеме. Немаловажную роль в подаче воды играют частые отказы в работе водопроводной сети, как наружной, так и внутренней.

При проектировании систем водоснабжения по СП минимальные диаметры трубопроводов кольцевой сети не могут быть меньше 100мм для работы пожарных гидрантов, что при небольших расходах воды в сети, приводит к уменьшению скорости движения воды. Неравномерность водопотребления в летний и зимний периоды, может привести к замерзанию трубопроводов на тупиковых участках и вводах в здания.

При строительстве систем водоснабжения малых городов и сельских поселений мало внимания уделялось качеству подаваемой воды. Вместе с тем, в большинстве случаев под-

земные воды содержат концентрации железа, превышающие установленные нормы, а так же значительные превышения норм по марганцу, сероводороду, аммонию, окисляемости, цветности и ряду других показателей. Устаревшие технологии водоподготовки не позволяют добиваться соответствия качества воды гигиеническим требованиям СанПиН, что отрицательно сказывается на здоровье населения. Состояние сетей близко к критическому. Ухудшается качество питьевой воды. Санитарные врачи отмечают, что 40% проб не соответствует нормативам, то есть 40% населения пьют некачественную питьевую воду. Организация централизованного водозабора со станцией очистки становится практически невозможной без коренной реконструкции всей водопроводной сети.

Процесс передачи ведомственных водопроводов в муниципальную собственность без обеспечения необходимыми материально-техническими, денежными ресурсами и производственными базами, приводит к ухудшению уровня технической эксплуатации систем. Положение усугубляется тем, что большая часть водопроводных сетей была построена хозяйственным методом зачастую без соблюдения норм и правил.

Таким образом, необходимо не только реанимировать стремительно разрушающуюся отрасль, но и изменить организационно-правовую принадлежность, так как существующее положение водоснабжения способствует продолжению её разрушению. При совершенствовании систем водоснабжения малых городов и сельских поселений, использующих подземные источники, необходимо комплексное решение двух основных проблем:

- 1. повышение качества питьевой воды путём строительства малогабаритных станций очистки воды;
- 2. оптимизация всей водопроводной системы с целью повышения её гидравлической устойчивости, надежности и экономичности.

Необходимость такого комплексного подхода вызвана тем обстоятельством, что повышение качества питьевой воды возможно при строительстве одной централизованной станции водоподготовки или множества локальных сооружений очистки на каждой скважине.

В первом случае возникает необходимость коренной реконструкции водопроводной сети в условиях сложившейся застройки, ликвидации ряда действующих скважин и строительство централизованного водозабора, а так же строительства резервуаров чистой воды, насосных станций 2-го подъема с установкой промывных насосов для регенерации фильтрующей загрузки и другого вспомогательного оборудования. Реализация такой схемы требует больших единовременных капитальных вложений и продолжительного по времени срока строительства.

Во втором случае - при реконструкции децентрализованных водозаборов, необходимо строительство нескольких групповых или локальных станций очистки с резервуарами и насосными станциями второго подъёма. Технологические схемы автоматизированных станций очистки небольшой производительности позволяет очистить воду до нормативных требований для группы жилых домов. Такой подход позволяет рассредоточить капитальные вложения во времени, поэтапно решать задачи совершенствования системы водоснабжения и улучшения качества питьевой воды с наименьшими затратами.

Например, при удалении железа, марганца, сероводорода, углекислоты, цветности и других соединений, на станциях водоподготовки можно применять блочные очистные сооружения, где реализуется целый ряд технологических процессов. Основными из них являются процессы аэрации-дегазации, физико-химического или биологического окисления, фильтрования с применением тяжёлых загрузок.

Как альтернативный вариант очистки воды, возможно использование индивидуальных систем водоподготовки для каждого дома, как правило, рассчитанный на обезжелезивание, деманганацию, умягчение и обеззараживание ультрафиолетом. Выбор конкретного решения зависит от многих факторов, важнейшим из которых является финансирование.

Система водоснабжения с водонапорной башней, применяемая для малых населенных пунктов и некоторых промышленных предприятий, имеет ряд существенных недостатков, а

именно: высокую стоимость с учетом проекта, покупки, доставки, установки, дальнейшего обслуживания. Трудности использования в зимний период, особенно возрастающие при уменьшении водопотребления. Из-за неисправности автоматики наблюдаются переливы воды и замерзание ее на стенах, что приводит к разрушению конструкции. Образуется большая поверхность окисления, когда вода заполняет водонапорную башню, а затем сливается из нее, со временем приводит к коррозии металла, что дополнительно загрязняет воду. Несовершенная работа сети и водонапорной башни может привести к застаиванию воды, что способствует развитию микроорганизмов. Но основной недостаток водонапорных башен это их изношенное, а нередко и аварийное состояние.

Эффективная замена водонапорной башни системы Рожновского - автоматическое регулирование давления в сети за счет применения частотного преобразователя и датчика давления. Применение оборудования на базе частотного преобразователя для управления насосом скважины снижает расходы на электроэнергию более чем в 4 раза, а при реконструкции башни – более чем на 30%. Расходы на обслуживание снижаются на 80%. Экономия электроэнергии и воды составляет 15 – 50% [4]. Преобразователь частоты обеспечивает регулирование давления в трубопроводе от скважины до потребителя за счет изменения скорости вращения насоса. Контроль рабочего параметра осуществляется автоматически с помощью датчика давления, который устанавливается на напорном трубопроводе. При прекращении водоразбора, в ночное время, преобразователь частоты осуществляет плавную остановку насоса. Устранение избыточного давления приводит к исключению порывов трубопроводов и, соответственно, к снижению утечек воды.

Уникальность каждой системы водоснабжения, требует индивидуального подхода: тщательной подготовки и анализа исходных данных, определения очередности строительства станций очистки, выполнения технико-экономических расчётов. Основными факторами при этом, являются состав и свойства исходной воды, конфигурация сети, запаснорегулирующие емкости, что позволяет оптимальным образом решить проблему очистки различных по составу подземных вод. При этом приоритет всегда отдаётся наиболее простым безреагентным методам очистки, как наиболее легко автоматизируемым и дешёвым в эксплуатации. В результате достигается минимизация капитальных и эксплуатационных затрат на реконструкцию системы водоснабжения за счёт её оптимизации по критерию энергопотребления, сокращения объёмов работ по строительству новых сетей, резервуаров, скважин и станций очистки.

Выводы

На основе проведенных исследований предлагается следующий комплекс мероприятий по модернизации и развития системы водоснабжения малых городов и сельских поселений:

- 1. Снижение удельного водопотребления в жилом секторе.
- 2. Повышение надежности функционирования системы распределения воды, за счет реконструкции водопроводной сети и ее модернизации.
- 3. Внедрение интегрированной системы управления производственными процессами (совместная работа трубопроводов, насосных станций, регулирующих резервуаров, очистных сооружений).
- 4. Улучшение качества воды в источниках питьевого водоснабжения, за счет организации водоохранных зон водозаборов.
- 5. Строительство локальных очистных сооружений природных вод совместно со строительством канализационных очистных сооружений сточных вод.
- 6. Повышение качества питьевой воды за счет внедрения современных технологий (модульные очистные сооружения, озоносорбция и мембранное фильтрование и т.д.).
 - 7. Перевод систем обеззараживания воды хлорированием на гипохлорит натрия.

8. Развитие системы утилизации производственных сточных вод водопроводных станций, с целью снижения негативного влияния на окружающую природную среду за счет строительства сооружений механического обезвоживания осадка.

Библиографический список

- 1. Проблемы и перспективы развития водного хозяйства малых городов: Тез. докл. междунар. НПК 17 20 май 2006/Под общ. ред. Ю.П. Седлухо. Витебск. 2006 С. 5 7.
- 2. Доклад Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения. 2011. www.raww.ru.
 - 3. Проблемы водоснабжения городов. A. Ратников. www. okolotok.ru.
- 4. «Безбашенное» водоснабжение экономичное решение. И.П. Чабаненко. Орловский вестник 03.06.2012. www.vestnik57. ru.

- 1. Problems and prospects of development of a water management of the small cities: Tez. докл. междунар. NPK 17 20 May, 2006 / Under a general edition of Yu.P.Sedlukho. Vitebsk. $2006-Page\ 5-7$
- 2. Report of the Russian association of water supply and water disposal. 2011. www.raww.ru.
 - 3. Problems of water supply of the cities. A.Ratnikov. www. okolotok.ru.
- 4. Nonreservoir water supply the economic decision. Nominative of Chabanenko. Oryol messenger 03.06.2012. www.vestnik57. ru.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 624.15:624.046.4

турно-строительный университет

Канд. физ-.мат.наук, старший научный сотрудник кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов

И.Ш. Алирзаев

Магистрант А.В. Сухотерин

Россия, г.Воронеж, тел.89601190337;

e-mail: imranalirzaev@yandex.ru.

Воронежский государственный архитек- Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

> Ph.D. in Physics and Mathematics, Senior researcher of the Department of of Building Designs, Bases and Foundations

I.Sh. Alirzaev

Master A.V.Suychoterin

Russia, Voronezh, tel.89601190337; e-mail: imranalirzaev@yandex.ru.

И.Ш. Алирзаев, А.В. Сухотерин

ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ «ОСНОВАНИЕ-ФУНДАМЕНТ-СООРУЖЕНИЕ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ

Рассматриваются совместный расчет системы «основание-фундаментсооружение» с применением различных моделей основания. Приводится характер распределения усилий в поперечных сечениях плиты и осадок грунтовых оснований для различных конструктивных схем.

Ключевые слова: плитные фундаменты, совместный расчет, модели основания.

I.Sh. Alirzaev, A.V.Suychoterin

STUDIES OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE SYSTEM THEME «BASIC FOUNDATION-BUILDING» WITH THE USE OF VARIOUS SCHEMES OF THE SOIL-BASE

Considers the joint calculation of «basic Foundation - buildings-the expression» with the use of various models of the Foundation. Given the nature of the effort-sharing in the cross sections plates and sediment ground for the different structure of collective schemes.

Keywords: slab foundation, the joint calculation, the model base.

Расчет плитных фундаментов в предположении линейного закона распределения реактивного давления грунта не может считаться достаточно точным. Для правильного определения внутренних усилий в фундаментных балках и плитах необходимо учитывать совместную работу всех конструктивных элементов, включая грунтовое основание. Учет совместной работы основания, фундамента и надземных конструкций здания в соответствии с требованиями действующих норм является одним из основных принципов проектирования зданий и сооружений. В целом установлено, что систему основание - фундамент можно рассматривать лишь как тесно взаимодействующие упругопластические тела, особенностью силового взаимодействия которых является взаимное влияние на перераспределение усилий [1].

При проектировании плитных фундаментов определенную сложность представляет выбор модели основания. С одной стороны, модель должна отображать наиболее существенные особенности совместной работы фундамента и основания, от чего зависит адекватность расчетных схем, а с другой — не вызвать чрезмерную математическую сложность. По существу этот вопрос сводится к нахождению зависимости между нагрузкой, прикладываемой к фундаменту, и распределением контактных напряжений по его подошве.

При совместном расчете системы «основание-фундамент - верхнее строение» в современных программных комплексах применяются в основном четыре модели:

- модель с одним коэффициентом жесткости, не учитывающий распределительные свойства основания (модель Винклера);
- модель с двумя коэффициентами жесткости (модель Пастернака);
- модель Винклера с переменным в плане коэффициентом жесткости, учитывающий распределительные свойства основания (билинейная модель) [2];
- модель объемных конечных элементов.

С целью сравнения выше перечисленных моделей рассмотрен совместный расчет фундаментной плиты и надземных конструкций каркасных зданий с использованием численных методов (Рис.1). Конструкция плитного фундамента представляет собой сплошную плиту из монолитного железобетона и моделируется пластинчатыми элементами. Предварительная толщина фундаментной плиты определяется из расчетов ее на продавливание в зонах действия сосредоточенных нагрузок от колонн. Окончательная толщина определяется расчетом на прочность сечений плиты на найденные усилия при принятых геометрических размерах, армировании и классах материалов. Элементы каркаса моделируются стержневыми и пластинчатыми элементами. Границы грунтового массива назначены таким образом, чтобы минимальное расстояние от любой точки границы до ближайшего узла рассматриваемой конструкции было больше величины сжимаемой толщи $H_{\rm max}$. Тип граничных условий в узлах конечно-элементной модели грунтового массива на его границе принят в виде закреплений от линейных перемещений.

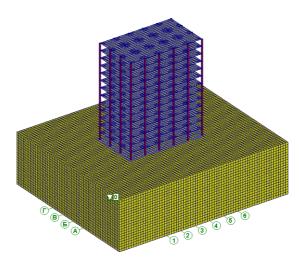


Рис.1. Аппроксимация надземных конструкций и фундаментной плиты конечными элементами

Результаты расчетов приведены в сводной таблице. Как следовало ожидать применение упрощенных моделей (Винклера и Пастернака) приводит к занижению усилий в фундаментных плитах. Величины осадок при применении уточненных моделей имеют минимальные значения, что подтверждает распределительную способность грунтовых оснований. Отпор грунта по моделям упругого полупространства и билинейной модели имеет максимальные

значения по сравнению с упрощенными моделями. Значения изгибающих моментов, полученные с использованием различных схем деформации грунтового основания, отличаются не только количественно, но и качественно.

Сравнение результатов расчета

Таблица

Расчетная схема основания	Осадка, мм	M_x , $T \cdot M$	М _у , т∙м	M _{xy} , T·M	Q _x , т	Q _y , т	Rz,
Модель Винклера (C1)	71-73	-40,26- 51,0	-40,41- 33,34	-9,89- 9,89	-88,03- 88,03	-104,24- 104,24	15,64- 15,16
Модель Пастер- нака (С1,С2)	71-73	-37,71- 46,8	-35,57- 36,37	-10,1- 10,1	-90,72- 90,72	-101,3- 101,3	15,59- 15,21
Билинейная модель (переменные коффициенты постели Кросс)	29-42	-29,01- 92,51	-20,59- 93,72	-22,17- 22,05	-139,99- 138,09	-138,15- 140,08	34,89- 10,57
Модель упругого полупространства (SCAD)	18-51	-18,66- 111,13	-18,1- 118,84	-11,86- 18,86	-160,28- 160,28	-156,89- 156,89	40,07- 2,86

Выводы

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что для расчета и проектирования плитных фундаментов существенным оказывается фактор назначения достоверной схемы грунтового основания. Билинейная модель более совершенна по многим причинам, среди них и учет большого количества физико-механических свойств грунта, и учет работы грунта за пределами конструкции. Модель с двумя коэффициентами жесткости менее сложна и трудоемка, более удобна и эффективна в случаях, когда достаточно определения усилий только в фундаментах. Пространственная упругая модель требует значительных машинных ресурсов, но дает возможность определения усилий в массиве грунта.

Библиографический список

- 1. Руководство по проектированию фундаментных плит каркасных зданий. М: Строй-издат, 1977, 128 с.
- 2. Федоровский В.Г., Безволев С.Г. Прогноз осадок фундаментов мелкого заложения и выбор модели основания для расчета плит// Основания, фундаменты и механика грунтов. 200. -№4. -C.10-18.

- 1. Guidelines for the design of the foundation plates frame buildings. M: Stroyizdat, 1977, 128 p.
- 2. Fedorovskiy V.G., Bezvolev S.G. Forecast of sediment foundations shallow and choice of the model of the base for calculation of plates// Grounds, foundations and mechanics of soils. -200. -№4. -P.10-18.

УДК 692.415:711.643

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Доцент кафедры проектирования зданий и сооружений Р.Н. Зорин Магистр кафедры проектирования зданий и сооружений Е.И. Сарычев Россия, г. Воронеж, тел. 8(903)65-56-999

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Associate prof. of the designing of buildings and constructions faculty
R.N. Zorin
Master of the designing of buildings and constructions faculty E.I. Sarychev Russia, Voronezh, tel. 8(903)65-56-999

Р.Н Зорин, Е.И. Сарычев

ЭКСПЛУАТИРУЕМЫЕ КРОВЛИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Проанализировав достоинства и недостатки традиционных плоских и эксплуатируемых кровель, предложено использование «совмещенного» метода устройства плоской кровли с дополнительным прогревом основания под гидроизоляцию. При данном методе прогрев не только отводит снег с эксплуатируемой кровли в зимнее время, но и проводит «самолечение» (заполнение микротрещин битумным полимером) гидроизоляционного слоя.

Ключевые слова: гидроизоляция зданий, эксплуатируемая кровля, срок службы гидроизоляции, обогрев открытых площадей, снижение эксплуатационных затрат.

R.N. Zorin, E.I. Sarychev

OPERATED ROOFING FOR LOW-RISE BUILDING

The advantages and disadvantages of traditional flat roofs and exploited, suggested the use of the device flat roof with an additional warming of the base under the waterproofing. This method for heating not only removes snow from the roof of the exploited in the winter, but also an opportunity to spend «self-medication» (filling microcracks bituumnym polymer) waterproofing.

Keywords: roofing, accessible roof, lifetime waterproofing, heating outdoor spaces, reduced maintenance costs.

Кровля - элемент здания, воспринимающий на себя основную внешнюю нагрузку, и защищающий дом от атмосферного воздействия. Она должна быть водонепроницаемой, морозостойкой, прочной и сохранять тепло, а также не должна подвергаться короблению, растрескиванию, не должна деформироваться, нагревшись от солнца.

К сожалению, климат Центральной России и особенно Севера, Урала и Сибири имеет резко континентальный климат с большими перепадами между зимними и летними температурами, поэтому средний срок службы битумно-полимерных материалов составляет, в среднем 5-10 лет.

И если учесть, что до 80% жилого фонда городов России составляют плоские кровли, большая часть которых, смонтированные еще в прошлом веке недорогими материалами, то применение нового подхода при проектировании плоских кровель в России, становится приоритетной задачей Правительства РФ.

Основными критериями при рассмотрении реконструкции и возведении новых объектов являются:

- увеличение срока службы гидроизоляционного ковра;
- снижение затрат как при строительстве, так и при ремонтно-восстановительных работах;
- увеличение эксплуатационных свойств кровли с учетом современных требований (рестораны, спортивные сооружения, зоны экологического отдыха и при необходимости паркинг).

Краткий обзор, преимущества и недостатки основных конструктивных решений.

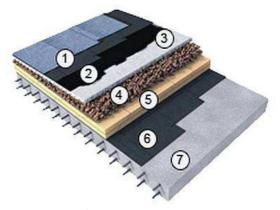


Рис. 1. «Традиционная» кровля: 1 - гидроизоляционный ковер; 2 – праймер; 3 – стяжка; 4 – разуклонка; 5 – утеплитель; 6 – пароизоляция; 7 - основание

Основным преимуществом «традиционной кровли» является низкая стоимость и ремонтопригодность. Однако, именно данный вид кровли, как наиболее распространенный, и получил большее количество нареканий и рекламаций.

Отсутствие проработанных проектных решений по устройству удаления влаги из утеплителя, попадающей из помещения, как правило, через неправильно смонтированную пароизоляцию, приводят к нарушению теплофизических свойств утеплителя. Из-за попадания влаги происходит разрушение основания под гидроизоляционный ковер, отслоение и растрескивание гидроизоляции.

А самая главная проблема заключается в том, что именно водоизоляционный ковер подвержен максимальным нагрузкам внешних факторов, таких как ультрафиолет, большая влажность с резкими перепадами температур и механическими повреждениями.

Рассмотрим преимущества и недостатки эксплуатируемой кровли

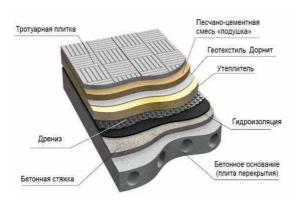


Рис. 2. Эксплуатируемая «инверсионная кровля»

Преимуществ данного вида кровли гораздо больше, чем у «традиционной».

Нахождение водоизоляционного ковра под слоем теплоизоляции, а следовательно, температура на поверхности гидроизоляции не опускается ниже $+10^{\circ}$ C, является основным премиуществом эксплуатационных характеристик. Также необходимо выделить неограниченные возможности применения эксплуатируемых кровель (сады, спортзалы, рестораны, паркинги и многое другое).

Единственным, на наш взгляд, значимым недостатком является крайне затруднительный доступ к гидроизоляционному ковру. При проведении ремонтно-восстановительных работ необходимо переложить несколько тонн последовательно расположенных слоев из утеплителя, щебня, раствора и финишного покрытия.

Изучив преимущество и недостатки основных решений (1), мы предлагаем вариант, сочетающий в себе не только низкие инвестиционные затраты при строительстве и возможность круглогодичного использования площади кровли, но и благодаря прогреву основания подкровельного простанства, появилась возможность «самозаживлять» микротрещины битумного слоя и дополнительного удаления влаги.

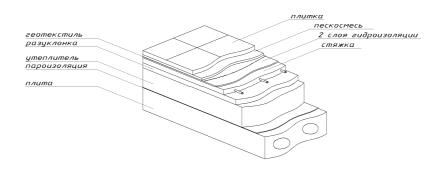


Рис. 3. «Обогреваемая» кровля

Принцип обогреваемой кровли состоит в следующем. Поверх утеплителя делаем стяжку п.5.8 (1), предварительно смонтировав пластиковые трубы, в которых и будет циркулировать антифриз с заданной температурой, для удаления снега зимой, просушки и «заплавлению» битума летом (кратковременно). Шаг укладки труб зависит от толщины стяжки и финишного покрытия кровли. Поверх стяжки укладываем гидроизоляцию, которая также будет защищена от ультрафиолета летом и будет прогреваться системой обогрева зимой, а значит образование микротрещин, основной проблемы всех рулонных кровель, будет исключена.

На гидроизоляцию дополнительно наносим тонкий слой битумной мастики и в процессе эксплуатации, при проведение плановых работ по заплавлению микротрещин, битумная мастика создаст дополнительный слой для заливки микротрещин.

Укладываем геотекстиль (защитный слой воздействия финишного покрытия на гидроизоляционный слой), пескосмесь (рекомендуемую заводом изготовителем для выбранного финишного покрытия кровли) и тротуарную плитку, гранит и прочие фасадные напольные покрытия. Самым подходящим покрытием любой эксплуатируемой кровли является резиновые плитки, например компании KAUER, монтаж которых осуществляется непосредственно на гидроизоляционный слой. Тем самым нам уже не нужно тратить средства на различные смеси, защита от ультрафиолета обеспечена.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: если мы имеем небольшой участок застройки или квадратный метр земли очень дорого стоит, а хочется максимально функционально использовать полезную площадь, без эксплуатируемой кровли нам не обойтись. Особенно если учесть тот факт, что в России, на большей части ее территорий, зима длится бо-

лее трех месяцев и высота снежного покрова более 250 мм, иметь дополнительную площадь на свежем воздухе, с прогретым основанием и отсутствием снежного покрова, является большим преимуществом по сравнению с традиционной технологией.

Библиографический список

- 1. Э.Е. Семенова. Скатные крыши: учеб. пособие Э.Е. Семенова. Ф.М. Савченко, Воронеж. гос.арх.-строит.ун-т.-Воронеж, 2011.-83 с.
- 2. Проектирование жилых и общественных зданий. Под редакцией Т.Г. Маклакова.- М., 1998.-400 с.
- 3. СВОД ПРАВИЛ СП 17.13330.2011 КРОВЛИ Актуализированная редакция СНиП ІІ-26-76.
 - 4. Журнал кровли №1 (36) 2013

- 1. E.E.Semenova. Skatnye of a roof: manual of E.E.Semenova. F.M.Savchenko, state architectural and construction university. Voronezh, 2011. 83 c.
- 2. Design of residential and public buildings. Under edition Of this year Maklakova. M, $1998.-400\,\mathrm{c}$.
 - 3. Set of rules SR 17.13330.2011 ROOFS actualized edition SNiP II-26-76.
 - 4. Journal of the roof.

УДК 624.154

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет К-т техн. наук, проф. кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов Калугин П.И.,

студент Пятигор Д.А.

Россия, г. Воронеж, тел. +7(4732)71-83-20,

e-mail: romanu36@yandex..ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

C.E. Professor of Building Constructions, Basements and Foundations Department Kalugin P.I.,

Student Pyatigor D.A.

Russia, Voronezh, tel. +7(4732)71-83-20,

e-mail: romanu36@yandex..ru

П.И. Калугин, Д.А. Пятигор

О РАСЧЕТЕ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ С УЧЕТОМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

Исследуется влияние горизонтальных деформаций грунтов основания на величину осадок фундаментов, рассчитываемых методом послойного суммирования. Предлагается прием учета горизонтальных деформаций с учетом всех компонентов нормальных напряжений по обобщенному закону Гука.

Ключевые слова: осадки фундамента, горизонтальные деформации грунтов, метод послойного суммирования.

Kalugin P.I., Pyatigor D.A.

CALCULATION OF FOUNDATION SETTLEMENTS INCLUDING HORIZONTAL DEFORMATIONS OF THE SOIL FOUNDATION

We investigate the influence of horizontal soil deformation of the foundation on the value of foundation settlements, calculated by the layerwise summation method. The account method of horizontal deformations considering all the components of the normal stress according to the generalized Hooke's law is proposed.

Key words: foundation settlements, horizontal soil deformation, the layerwise summation method.

Расчет осадок оснований фундаментов методом послойного суммирования деформаций без учета бокового расширения грунта является основным при расчете осадок фундаментов промышленных и гражданских зданий, выполняется по формуле

$$S = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{xp_i} h_i}{E_i} , \qquad (1)$$

где \ensuremath{eta} - безразмерный коэффициент, корректирующий упрощенную схему расчета;

 σ_{p_i} - дополнительные напряжения в середине і-го слоя грунта;

 h_i , E_i - соответственно, толщина и модуль общей деформации і-го слоя грунта.

В основу этого метода положены следующие основные допущения:

- осадка основания определяется по вертикальной центральной оси подошвы фундамента без учета снижения вертикальных напряжений $\pmb{\sigma}_{_{7}}$ при удалении от вертикальной

оси, что ведет к некоторому завышению напряжений против средних значений в пределах ширины подошвы фундамента;

– основание деформируется только вертикально при отсутствии горизонтальных перемещений грунта, хотя косвенно боковые деформации учитываются тем, что распределение напряжений получено из решения теории упругости, в котором считается, что среда имеет возможность боковых перемещений, то есть боковые деформации частично учтены.

Следовательно, первое допущение, в котором сжимающее напряжение принимается равным максимальному значению σ_z , приводит к завышению общей осадки основания в среднем на 21% для квадратного и на 16% для ленточного фундаментов. Второе допущение, считающее что осадка основания происходит только за счет сжатия столба грунта, непосредственно находящегося под подошвой фундамента, приводит к уменьшению рассчитываемой величины осадки.

В действительности в основании деформируется значительно больший объем грунта в стороны от подошвы фундамента. Поэтому в формулу (1) введен коэффициент $oldsymbol{\beta}$, учитывающий невозможность расширения грунта в стороны при компрессионном уплотнении. Действующие нормы рекомендуют принимать значения коэффициента $oldsymbol{\beta}$ =0,8 для всех грунтов. Однако неучет горизонтальных деформаций грунта и жесткости фундамента путем введения в формулу (1) безразмерного коэффициента $oldsymbol{\beta}$ не отражает реальной картины, так как он принят постоянным по глубине в пределах сжимаемой толщи и не зависит от коэффициента Пуассона $oldsymbol{V}$ и жесткости фундамента, хотя он определяется по формуле

$$\beta = 1 - \frac{2v^2}{1 - v} \,, \tag{2}$$

из которой следует, что для различных разновидностей грунтов он имеет различные значения.

Методы расчета осадок, в основу которых положен принцип неучета бокового расширения грунта в стороны, сравнительно просты. Для определения деформационных характеристик грунтов в них используются стандартные компрессионные испытания, а получаемые расчетные осадки дают достаточно точные результаты.

Методы расчета осадок, учитывающие возможность бокового расширения грунта, в большей степени отражают действительное напряженное состояние основания и позволяют получать значения, близкие к действительным. При приложении к фундаменту вертикальной нагрузки в основании возникают кроме вертикальных горизонтальные напряжения $\sigma_{_{\rm X}}$ и

 σ_y , а значит возникают и горизонтальные деформации. Учет горизонтальных напряжений приводит к развитию максимальных деформаций грунта на глубине (0,4 – 0,7)b (b – ширина подошвы фундамента) и дает менее интенсивное нарастание осадки фундамента с увеличением ширины его подошвы, что следует из метода послойного суммирования деформаций, основанного на использовании закона Γ_y ка для одноосного сжатия.

Для расчета осадок с учетом бокового расширения грунта необходимо знать, кроме модуля деформации E и коэффициента Пуассона V, модуль объемной деформации K и модуль сдвига G. В первом приближении их можно определить при известных значениях E и V по формулам:

$$K = \frac{E}{(1-2v)};$$
 $G = \frac{E}{[2(1+v)]},$ (3)

Более точное определение этих деформационных характеристик требует проведения трудоемких экспериментальных исследований, что сдерживает учет боковых деформаций для расчета осадок фундаментов промышленных и гражданских зданий.

Для учета возможности бокового расширения грунта необходимо определять все компоненты напряжений σ_z , σ_x и σ_y . Тогда среднее напряжение в любой точке по оси z для плоской задачи можно определить по формуле

$$\sigma_{m} = 1/3(\sigma_{x} + \sigma_{z})(1+\nu), \tag{4}$$

Общую величину осадки можно найти из выражения

$$S = \beta \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\sigma_{zpi} - \sigma_{mpi}}{2G_i} + \frac{\sigma_{mpi}}{K_i} \right), \tag{5}$$

где σ_{mpi} - дополнительное среднее напряжение в середине i-го элементарного слоя.

Такие расчеты довольно сложны и применяются сравнительно редко.

Вместе с тем, вертикальные деформации грунта ${\cal E}_z$ в основании фундамента с учетом всех компонентов нормальных напряжений ${\cal O}_z$, ${\cal O}_x$, ${\cal O}_y$ можно вычислить по обобщенному закону Гука

$$\varepsilon_{z} = \frac{1}{E} [\sigma_{zp} - \nu (\sigma_{xp} + \sigma_{yp})], \tag{6}$$

где σ_{xp} и σ_{yp} - дополнительные горизонтальные нормальные напряжения по оси Z, проходящие через центр тяжести фундамента.

Выразим отношения суммы горизонтальных напряжений $\sigma_{xp} + \sigma_{yp}$ к вертикальным напряжениям σ_{xp} через m. Тогда выражение (6) примет следующий вид

$$\varepsilon_{z} = \frac{\sigma_{zp}}{E} (1 - vm), \tag{7}$$

Следовательно, в общем случае пространственного напряженного состояния коэффициент $oldsymbol{eta}$ будет равен:

$$\beta = 1 - Vm, \tag{8}$$

Для различных значений V и $\zeta = 2Z/b$, можно рассчитать значения параметра β и свести в таблицы.

Вертикальные напряжения $\overline{\mathcal{O}}_{z}$ с учетом горизонтальных деформаций грунтов оснований ленточных фундаментов можно определить из выражения:

$$\overline{\sigma}_{z} = \beta \sigma_{z} \,, \tag{9}$$

Из выражения (9) видно, что при V = 0 (отсутствие боковых деформаций) коэффициент $oldsymbol{\beta}$ =1.

С ростом коэффициента Пуассона ${\cal V}$ коэффициент ${\cal \beta}$ уменьшается, а с увеличением средней глубины элементарного слоя ${\cal \zeta}=2{\rm Z}/b$ – возрастает.

В формуле (1) значение β =0,8, то есть допускается снижение осадки на 20% для всех грунтов, что недостаточно аргументировано.

Из вышеизложенного следует, что при расчете осадок методом послойного суммирования необходимо учитывать изменение коэффициента $oldsymbol{eta}$ в зависимости от значения коэффи-

циента Пуассона V и средней глубины элементарного слоя в пределах сжимаемой толщи. Это позволит с известным приближением учитывать горизонтальные деформации грунта оснований фундаментов и более точно определять осадки оснований фундаментов.

Библиографический список

- $1.\ C\Pi\ 50-101-2004.\ Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. М., 2005.$
- 2. Бронин В. Н. Об учете горизонтальных напряжений в основании при определении осадки фундамента и основания, фундаменты и механика грунтов. М., 1993.
- 3. Пилюгин А. М. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений. М., 2006.

- 1. SP 50 101 2004. Designing and the device of the bases and the bases of buildings and constructions. M., 2005.
- 2. Bronin V.N. On accounting of the horizontal stresses at the base in determining the foundation settlements and the base, foundations and soil mechanics. M., 1993.
 - 3. Piliugin A.M. Designing of buildings and structures bases and foundations. M., 2005.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.263.5:666.961

Канд. техн. наук, проф. кафедры технологии К. Е., the professor of Faculty Building строительных материалов, изделий и конструкций А.В.Крылова Канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительных материалов изделий и конструкций Т.Ф. Ткаченко Канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительных материалов изделий и конструкций С.П. Козодаев Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-52-35 e-mail: ttf@voon..ru

Materials, Wares and Designs Technology A.V. Kreelova K. E., the docent of Faculty Building Materials, Wares and Designs Technology T.F. Tkachenko K. E., the docent of Faculty Building Materials, Wares and Designs Technology S.P. Kozodaev Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-52-35

e-mail: ttf@voon..ru

А.В. Крылова, Т.Ф. Ткаченко, С.П. Козодаев

СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ С ДОБАВКАМИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Представлены результаты исследования цементных систем, модифицированных различными полифункциональными добавками, содержащими техногенные отходы. Установлена эффективность их применения в цементных композициях.

Ключевые слова: цементная система, техногенные отходы, полифункциональные модификаторы, свойства.

A.V. Kreelova, T.F. Tkachenko, S.P. Kozodaev

CHARACTERISTICS OF CEMENT SYSTEMS WITH TECHNICAL WASTES

There are results of cement systems researcher, modified with different polifunction additives from technical wastes. Defined efficacy of there use in the cement compositions.

Keywords: cement system, technical wastes, polifunction modifications, characteristics.

Современный строительный комплекс является одним из самых материалоёмких объектов и широким полем деятельности по утилизации различного рода техногенных отходов. Карбонатные отходы: в данном случае это конверсионный мел (КМ) - отход химического производства, и дефекат (Д) – отход сахарной промышленности, представляют собой тонкодисперсные продукты, обладающие высоким запасом поверхностной энергии. Это позволяет частицам кальцита, из которого состоят карбонатные отходы, активно участвовать во многих процессах структурообразования твердеющих композиций на основе цемента, выполняя в зависимости от их дозировки роль:

- наполнителя цементных систем, обеспечивая значительную экономию цемента (не менее 20 %);
- зародышей центров кристаллизации;
- центров зонирования новообразований в первичной матричной субстанции.

Такое поведение карбонатных частиц объясняется рядом причин. Во-первых, являясь «рекордсменом» по разнообразию габитусов кристаллов, кальцит служит идеальной «подложкой» для эпитаксиального наращивания на его гранях различных соединений, как неорганического происхождения, например, гидратных фаз цемента, так и органических веществ, вводимых в цементную систему в качестве добавок. Во-вторых, частицы кальцита в отличие от зерен цемента оказывают организующее влияние на структуру цементного камня, оставаясь в его объеме на определенном, фиксированном расстоянии друг от друга, что, прежде всего, касается гелеобразной массы гидросиликатов кальция.

Результатом такого комплексного воздействия карбонатных частиц является наличие большого количества дополнительных связей, контактов срастания, что в свою очередь приводит к ускорению формирования более качественной структуры наполненного цементного композита.

Исследованиями установлено, что в присутствии частиц кальцита в цементной матрице могут образовываться новые сложные по составу соединения:

- скоутит 6CaO 6SiO₂ CaCO₃ 2H₂O;
- основные гидрокарбонаты кальция CaCO₃ Ca(OH)₂ nH₂O;
- гидрокарбоалюминаты кальция $3CaOAl_2O_3CaCO_3nH_2O$ и $3CaOAl_2O_33CaCO_331H_2O$;
- гидрокальциты CaCO₃ 6H₂O,

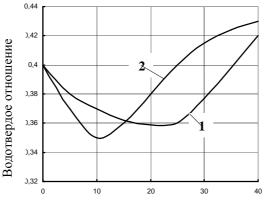
которые упрочняют кристаллический сросток [1].

Кроме того, определенное положительное влияние могут оказывать более крупные зерна карбонатных отходов, выполняя роль «каркасообразующего элемента» в цементных системах, и тем самым уменьшая влажностную усадку цементного камня.

В данной работе поставлена задача: используя карбонатные техногенные отходы и поверхностно-активные вещества (ПАВ), получить эффективные полифункциональные органоминеральные модификаторы цементных систем. Возможность этого основана на том, что частицы карбоната кальция в паре с добавками ПАВ пластифицирующего действия могут вызывать сильный синергетический эффект, проявляющийся в высоком водоредуцирующем действии [2].

В качестве ПАВ использовался разжижитель-суперпластификатор С-3 и гиперпластификатор на поликарбоксилатной основе производства Германии.

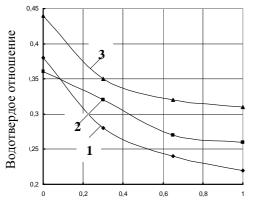
Установлено, что водопотребность цемента с добавками карбонатных техногенных отходов без ПАВ снижается примерно на 10-12 % (рис. 1).



Дозировка добавки, % от массы цемента

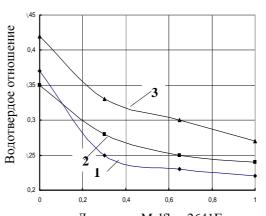
Рис. 1. Зависимость водопотребности цемента от количества добавок: 1 - KM; 2 - Д

Применение комплексных органоминеральных добавок, состоящих из карбонатных отходов и разжижителя, значительно снижает водопотребность цемента (рис. 2-4).



Дозировка С-3, % от массы твердой фазы

Рис. 2. Изменение водопотребности цемента с добавкой C-3 и KM: 1 – 10 % KM; 2 – 25 % KM; 3 – 40 % KM



Дозировка Melflux 2641F, % от массы твердой фазы

Рис. 3. Изменение водопотребности цемента с добавкой Melflux 2641F и KM: 1 – 10 % KM; 2 – 25 % KM; 3 – 40 % KM

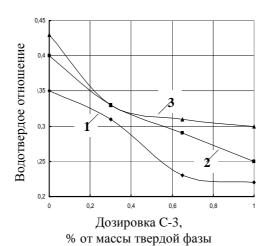


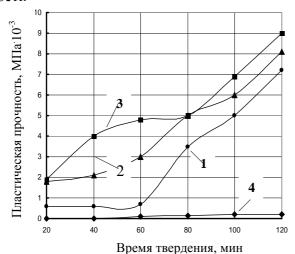
Рис. 4. Изменение водопотребности цемента с добавкой C-3 и дефеката: 1 – 10 % Д; 2 – 25 % Д; 3 – 40 % Д

Изучение реологических свойств цементного теста, модифицированного изучаемыми добавками, показало, что наблюдается их сильное изменение. Так, например, введение 25 % дефеката увеличивает величину предельного напряжения сдвига почти в 1,5 раза по сравнению с эталоном, в то время как применение органоминеральной добавки 25 % карбонатного отхода и 0,65 % С-3 значительно снижает этот показатель. Аналогичные выводы можно сделать применительно к эффективной вязкости цементных систем.

Процесс структурообразования цементного теста в присутствии карбонатных отходов и ПАВ протекает значительно быстрее, чем у эталона, если применяется разжижитель С-3 в отличие от комплексной добавки, содержащей Melflux 2641F (рис. 5).

Кинетика нарастания прочности цементного камня в значительной степени зависит от количества добавки и дозировки разжижителя (рис. 6).

Результаты исследования показали, что, применяя полифункциональные органоминеральные модификаторы, полученные на основе карбонатных отходов и ПАВ, возможно достижение высокой прочности цементного камня — до $100~\rm M\Pi a$, экономия цемента при этом достигает $20~\rm \%$



Время твердения, сутки

Рис. 5. Зависимость пластической прочности модифицированного цементного теста от времени твердения (подвижность const):

1 -эталон, B/U = 0.4;

- 2 75% Ц+25% КМ, В/Т = 0,36
- 3-75% L+25% KM+0.65% C-3, B/T=0.27;
- 4 75% Ц+25% КМ+0,65% Мф, В/Т = 0,25

Рис. 6. Кинетика твердения цементного камня, содержащего 25% KM и Melflux 2641F (Мф):

- 1 эталон; 2 –25% КМ;
- 3 25% KM+0,3% Mφ;
- 4 25% KM+0,65% Mφ;
- 5 25% KM+1% Mф

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод о высокой эффективности органоминеральных модификаторов, полученных на основе дешевых техногенных карбонатных отходов, в сочетании с поверхностно-активными добавками – разжижителями цементных систем.

Библиографический список

- 1. Крылова, А.В. Исследование возможности использования карбонатных отходов сахарного производства (дефеката) в строительстве / А.В. Крылова, С.Т. Крылов / Материалы международной НТК «Современные проблемы строительного материаловедения». Казань, 1996. С. 71-73.
- 2. Калашников, В.И. Теоретические предпосылки высокой поверхностной реакционной активности карбонатов в формировании прочности карбонатно-цементных и карбонатно-шлаковых вяжущих / В.И. Калашников, В.Л. Хвастунов, О.Л. Викторов и др. // Материалы международной НТК «Современные проблемы строительного материаловедения». Воронеж, 1999. С.181—187.

- 1. Kreelova, A.V. Investigation of possible to use carbonats wastes of sugar-refinery (defecat) in building / A.V. Kreelova, S.T. Kreelov // Materials of international STC «Contemporary problems of building materials». Kazan, 1996. P. 71-73.
- 2. Kalashnikov, V.I. Theoretic premises of carbonats high surface reaction activity in forming of firm carbonat-cement and carbonat-slag viscous substances // V.I. Kalashnikov, V.L. Hvastunov, O.L. Viktorov and other // Materials of international STC «Contemporary problems of building materials». Voronegh, 1999. P. 181-187

УДК 666.90

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет К-т технических наук, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций А.В. Уколова, Студентка 5-го курса строительно-технологического факультета Ю.С. Дедова Россия, г. Воронеж, тел 89507657860 E-mail: dedova.vulva@mail.ru

The Voronezh State Architecture and Building University
Candidate of engineering science, professor of chair of technology of building material, products and construction A.V. Ukolova.
Student of 5th year of building-technological faculty Yu. S. Dedova.
Russia, Voronezh, bodies 89507657860
E-mail: dedova.yulya@mail.ru

А.В. Уколова, Ю.С. Дедова

АВТОКЛАВНЫЙ МИКРОБЕТОН НА ОСНОВЕ ИЗВЕСКОВО-БЕЛИТО-ПЕСЧАНОГО ВЯЖУЩЕГО

Статья посвящена теоретическим и практическим исследованиям возможностей использования неактивного сталеплавильного шлака при производстве композиционных материалов. Определены активизирующие шлак. Установлен рациональный состав сырьевой смеси, обеспечивающий практическую, экономическую экологическую И эффективность ее применения. Получен высокопрочный цементный камень которого микробетон, прочность существенно превышает соответствующий показатель цементного камня на основе известковопесчаного вяжущего традиционного состава.

Ключевые слова: композит, сталеплавильный шлак, сырьевая смесь, микробетон, прочность.

A.V. Ukolova, Yu. S. Dedova

AN AUTOCLAVE MICRO-CONCRETE BASEND LIME-AND-BELITE-SANDY OF ASTRINGENT

This item devoted theoretical and practical to researches of possibilities of use inactive steel-smelting slag at manufacture composite of materials. The conditions for activating the slag identified. Is set a rational composition of raw mix, providing practical, economic and ecological efficiency of her application. We received high-strength cement stone - the micro-concrete, the strength of which significantly exceeds that the corresponding figure of cement stone on based of lime-sandy binder of traditional composition.

Keywords: compo, raw mix, steel-smelting slag, a micro-concrete, strength.

Нарастающие проблемы ресурсосбережения и экологии делают актуальным утилизацию отходов металлургической промышленности. Их накопилось значительное количество в России. Большая часть из них попадает в отвалы, оказывая вредное влияние на окружающую среду. Особый интерес в данном направлении представляет применение сталеплавильных шлаков. Их использование имеет свою специфику и требует серьезного изучения. На Оскольском металлургическом комбинате ежегодно попадает в отвалы значительное количество шлака, использование которого очень низко.

Из литературных данных известно, что в зависимости от химического состава и условий охлаждения белитовой фазы в шлаках может колебаться от 30 до 60%, что делает их весьма перспективным сырьем для производства строительных материалов [1,2].

Однако необходимо учитывать, что принятая на Оскольском комбинате система охлаждения шлака приводит к силикатному распаду вследствие полиморфного превращения β - C_2S в γ - C_2S , который сопровождается саморассыпанием. Модификация γ - C_2S при комнатной температуре является стабильной фазой, не обладающей гидратационной активностью, она практически инертна и не может обеспечить необходимой прочности изделий при нормальных условиях твердения. Необходимо учитывать, что полиморфные изменения могут проходить не полностью и тогда в шлаках присутствуют β - и γ -модификации. Первая гидратируется медленно. Одним из способов активизации гидратации обеих модификаций следует рассматривать гидротермальную обработку [3].

Известно, что на свойства искусственного конгломерата оказывают существенное влияние фазовый состав гидратных новообразований, скорость их формирования, прочность связей в кристаллогидратных комплексах, поровая структура. Направление реакций зависит от вида и количества оксидов, находящихся в исходной системе сырьевых материалов. Следовательно, основные параметры, предопределяющие синтез прочности искусственного камня в значительной степени зависят от состава и качества сырьевой смеси, условий гидратации и твердения. Выбор неоптимальных технологических параметров, как правило, является причиной получения бетонов с нестабильными и низкими физико-механическими свойствами.

В данной работе изучалась возможность активизации шлака за счет автоклавирования, а так же исследовалось влияние составов сырьевой смеси на прочность цементного камня – микробетона.

В качестве сырьевых материалов использовался шлак электроплавильного производства Оскольского электрометаллургического комбината, который был размолот до удельной поверхности $300\text{-}350~\text{m}^2/\text{кг}$. Минералогический состав шлака в основном следующий: $\gamma\text{-}C_2S$ гамма модификация двухкальциевого силиката $2~\text{CaO·MgO·SiO}_2$ – окерманит; $\text{Ca}_2\text{MgFe}_2\text{O}_6$ – кальций-магниевый феррит; $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ – двухкальциевый феррит; FeFe_2O_5 - магнетит. Согласно минералогическому составу шлак представлен минералами, практически не обладающими гидравлическими свойствами. Содержание $\gamma\text{-}C_2S$ в рассматриваемом шлаке достигает 30-60%. По модулю основности он относится к высокоосновным. В качестве кремнеземистого компонента был использован кварцевый песок с содержанием SiO_2 – 95% малышевского месторождения дисперсности $200~\text{m}^2/\text{кг}$. В качестве щелочного компонента применялась копанищенская негашеная известь активностью 80%.

Изготавливались образцы микробетона размером $2\times2\times2$ см в лабораторных условиях. Формовочная смесь приготавливалась в турбинном смесителе. Перемешивание обеспечивало получение однородной массы. Подвижность раствора по Суттарду составляла 30-32 см.

При исследовании влияния составов сырьевой смеси на прочность микробетона применен метод активного планирования двухфакторного эксперимента. Варьируемыми параметрами приняты: дозировка извести (x_1) , шлака (x_2) .

Уровни варьирования представлены в таблице.

Таблица Уровни варьирования независимых переменных

Уровни варьирования неза-	Значение переменных,%			
висимых переменных	известь (x_1)	шлак (х2)		
Верхний уровень (+1)	40	40		
Основной уровень (0)	25	25		
Нижний уровень (-1)	10	10		

Автоклавная обработка отформованных образцов проводилась при температуре 175°C. Изотермическая выдержка составляла 6 часов. После чего образцы выдерживались сутки в естественных условиях и подвергались механическому испытанию. По результатам определения предела прочности при сжатии образцов получена следующая функциональная зависимость

$$y=29,47-5,84x_1+1,69x_2-1,17x_1x_2$$

Оптимальный состав содержал негашеной извести 10%, сталеплавильного шлака 40%, остальное песок. При этом микробетон, плотность которого составляла 1800 кг/м 3 , имел прочность при сжатии 40МПа, что в 1,4 раза больше прочности эталонных образцов традиционного состава (известь – 30%, песок – 70%), прочность которых составляла 29 МПа.

На основании полученных результатов исследований можно предположить, что увеличение прочностных показателей является следствием формирования значительного количества как низкоосновных, так и высокоосновных гидросиликатов кальция, что не противоречит литературным данным [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что меняя состав и концентрацию жидкой фазы, представляется возможным повысить гидратационную активность минералов сталеплавильных шлаков в автоклавных условиях и получить цементный камень — микробетон высокой прочности. Результаты выполненных исследований позволяют эффективно использовать шлак электросталеплавильного производства при изготовлении автоклавных материалов. Кроме того, повышение прочности вяжущего позволяет уменьшить время автоклавной обработки, что приведет к снижению расхода топлива.

Библиографический список

- 1. Волженский, А.В.. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, Б.Н. Виноградов, К.В. Гладких. М.: Стройиздат. 1969. 392 с.
- 2. Боженов, П.Н. Технология автоклавных материалов / П.Н. Боженов М.: Стройиздат. 1978. 367 с.
- 3. Бутт, Ю.М., Твердение вяжущих при повышенных температурах / Ю. М. Бутт, Л.Н. Рашкович. М.: Стройиздат 1965. 223 с.
- 4. Кудеярова, Н.П., Гостищева М.А. Гидратационная активность минералов сталеплавильных шлаков в автоклавных условиях / Н.П. Кудеярова, М.А.Гостищева Журнал. Строительные материалы, 2007.

- 1. Volzhensky, A.B. Concrete and products from slag and ash materials / A. V .Volzhensky, Yu.S.Burov, B.N. Vinogradov, K.V. Gladkikh. M.: Stroyizdat 1969. 392 s.
 - 2. Bozhenov, P.N. Technology autoclave materials / P.N. Bozhenov M.: Stroyizdat 1978. 367 s.
- 3. Butt, Yu.M., Raskovic L.N. Hardening binders at elevated temperatures / Yu.M. Butt, L.N. Raskovic M.: Stroyizdat 1965. 223 s.
- 4. Kudeyarova, N.P., Gostischeva M.A. Hydration activity of steel slag minerals in autoclave conditions / N.P. Kudeyarova, M.A. Gostischeva. Magazine. Building Materials, 2007.

УДК 691.421

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций А.М. Усачёв Канд. техн. наук, доц. кафедры технологии строительных материалов, изделий

и конструкций A.A. Суслов

Магистр кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций A.M. Хорохордин

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 271-52-35;

e-mail: <u>u00066@vgasu.vrn.ru</u>

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Cand. Tech. Sc., the docent lecturer of Technology of building materials, building products and construction A.M. Usachev

Cand. Tech. Sc., the docent lecturer of Technology of building materials, building products and construction A.A. Suslov

Magister lecturer of Technology of building materials, building products and construction A.M. Horohordin

Russia, Voronezh, ph. 8 (473) 271-52-35;

e-mail: u00066@vgasu.vrn.ru

А.М. Усачев, А.А. Суслов, А.М. Хорохордин

ОЦЕНКА СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

В статье описаны существующие способы изготовления керамических изделий. Рассмотрено влияние этих способов на качество и физикомеханические свойства готовой продукции.

Ключевые слова: пластическое формование, полусухое прессование, жесткое формование, физико-механические свойства, качество.

A.M. Usachev, A.A. Suslov, A.M. Horohordin

ESTIMATION OF PROPERTIES OF CERAMICS WARES, MADE IN THE VARIOUS WAYS

In article existing ways of manufacturing of pottery are described. Influence of these ways on quality and physic-mechanical properties of finished goods is considered.

Keywords: plastic formation, moist pressing, rigid formation, physic-mechanical properties, quality.

На сегодняшний день керамические материалы и изделия являются одними из самых распространенных строительных материалов. Это обусловлено распространенностью сырья, достаточно простой технологией, высокими физико-техническими свойствами, долговечностью и широкой номенклатурой готовой продукции. Изготавливают керамические изделия в основном двумя способами – пластическим формованием (кирпичи, камни, трубы, черепицу) и полусухим прессованием (кирпичи, облицовочную плитку). Однако, в последние годы находит применение способ жесткого формования сырца-кирпича. Указанные способы различаются количеством влаги в формовочной шихте и зависят от карьерной влажности глинистого сырья, наличия примесей, плотности исходной породы, а также от ассортимента продукции [1, 2].

Авторами начат комплекс исследований, связанный с изучением вышеуказанных способов массоподготовки и формования керамических изделий.

В качестве объекта исследований использовалось глинистое сырье Петропавловского месторождения Воронежской области. Гранулометрический состав данной глины, определенный по методу Рутковского, представлен в табл. 1.

Таблица 1 Результаты определения гранулометрического состава глинистого сырья

Содержание фракций, % по массе				
Песчаных частиц с размером 1,00,05 мм	Пылевидных частиц с размером 0,050,005 мм	Глинистых частиц с размером менее 0,005 мм		
24,1	37,31	38,59		

По гранулометрическому составу представленное глинистое сырье относится к суглинкам, чувствительным к сушке. Число пластичности составляет 24,3, то есть глина относится к среднепластичному сырью.

Данная глина перед началом испытаний высушивалась, усреднялась и измельчалась в лабораторных бегунах до полного прохождения через сито с диаметром отверстий 1,25 мм. Из нее также были отобраны твердые включения и корни растений. Затем к глине добавлялось необходимое количество воды для достижения требуемой влажности: для полусухого прессования 8...12 %, для жесткого формования 14...16 %, для пластического формования 18...25 % и шихта тщательно перемешивалась в лабораторном смесителе.

Из полученных формовочных масс изготавливались образцы-цилиндры диаметром и высотой 50 мм при требуемых давлениях формования. Сушка образцов производилась в начале при комнатной температуре, а затем при $100\,^{0}\mathrm{C}$ в сушильном шкафу, обжиг в муфельной печи – при $1000...1050\,^{0}\mathrm{C}$.

На обожженных образцах определялись их основные физико-механические свойства, результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица 2 Сравнительная оценка свойств керамических образцов

			Свойства обожженных образцов				
Способ мас- соподготов- ки и формо- вания	Формо- вочная влаж- ность, %	Давление при фор- мовании, МПа	средняя плот- ность, кг/м ³	предел прочно- сти при сжатии, МПа	водопо глоще- ние по массе, %	внешний вид	
Полусухое прессование	812	15,015,5	1990	15,9	14,5	дефекты и трещины отсутствуют	
Жесткое формование	1416	2,53,0	2300	18,4	12,5	дефекты и трещины отсутствуют	
Пластиче- ское формо- вание	1825	1,52,5	1980	11,1	12,9	наличие сушильных трещин	

Выводы

- 1. Анализ существующих технологий изготовления керамических материалов и изделий показывает, что производству качественной продукции отвечают линии полусухого (компрессорного) прессования и жесткого формования, то есть технологии получения формовочных масс пониженной влажности при повышенном давлении прессования.
- 2. Оценка свойств керамических изделий показала положительное значение жесткого способа формования из данного вида глины. Образцы, полученные этим способом, обладают наибольшей средней плотностью и прочностью.
- 3. Исследования по данной тематике будут продолжены. В настоящее время анализируется химический и минералогический состав глинистого сырья, а также обожженных образцов. Планируется также провести сравнительную оценку морозостойкости образцов, выбрать рациональные режимы сушки и обжига.
- 4. Окончательный выбор технологии в том или ином случае будет зависеть от характеристик глинистой породы, от существующего технологического оборудования, производственных площадей, возможности модернизации или реконструкции предприятия, а также множества других факторов.

Библиографический список

- 1. Тарасевич Б.П. Научные основы выбора оптимального направления технологии стеновой керамики // Строительные материалы. 1993. № 7 С.12-14.
- 2. Завадский В.Ф. Технология изделий стеновой и кровельной керамики: учебное пособие / В.Ф. Завадский, Э.А. Кучерова, Г.И. Стороженко, А.Ю. Папичев / Новосибирский гос. арх.-строит. ун-т. Новосибирск, 1998. 76 с.

- 1. Tarasevich B.P. Item Scientific bases of a choice of an optimum direction of technology wall ceramics // Building materials. 1993. № 7 P.12-14.
- 2. Zavadsky V. F. Technology of products wall and roofing ceramics: the manual / V.F. Zavadsky, E.A. Kucherova, G.I. Storozhenko, A.J. Papichev / Novosibirsk st. arh.-builds. Un-ty. Novosibirsk, 1998. 76 p.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 711

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Аспирант кафедры Основ проектирования и архитектурной графики Е.А. Бокарева Россия, г. Воронеж, тел. 8(951)5508950 e-mail: takekilla@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Postgraduate Chair Principles of design and architectural graphics E.A. Bokareva Russia, Voronezh, tel. 8(951)5508950 e-mail: takekilla@mail.ru

Е.А. Бокарева

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ ГОРОДОВ ЦЧР

Анализ современного состояния градообразующей базы малых городов Черноземья. Определение отличий реального и прогнозируемого экологического развития исследуемых городов и рациональное использование их территорий под строительство промышленных предприятий.

Ключевые слова: Демоэкосистема, ретроспективный анализ, планировочная структура, экологическая система, зонирование.

E.A. Bokareva

SOCIO-ECONOMIC PROBLEMS OPERATION AND EVOLUTION TERRITORY OF SMALL TOWNS CCR

Analysis of the current state-forming base of small towns Chernozem. Defining the differences of real and projected environmental development study of cities and rational use of their territories for the construction industry.

Keywords: Demoekosistem, retrospective analysis, planning structure, ecological system, zoning.

Подход к исследованию объектов районной планировки в настоящее время имеет массу разночтений, что в свою очередь дает понимание того, что зарождается новая область знания, которая требует всеобъемлющего и нетрадиционного подхода к решению архитектурных задач. Решение таких сложных задач на оптимум требует объединения многих специалистов, работающих в разных областях деятельности. Перед архитектурной наукой и практикой встает вопрос совершенствования существующего и разработки нового более качественного научного аппарата, который позволил бы точно и оперативно решать поставленные задачи. В том числе и задачи касающиеся создания комфортной архитектурно градостроительной среды жизнедеятельности. Объектом исследования является малый город, а предметом - принципы его функционирования и развития.

Проведённый ретроспективный анализ развития только планировочной структуры иллюстрирует, как функционировали и развивались города, какие факторы влияли на их эволюцию, и к каким результатам привели эти преобразования. Рассмотрим систему малых городов ЦЧР.

Архитектурно-градостроительное наследие региона влияет на принятие решений, направленных на сохранение своеобразия уникального исторического облика поселений. Формирование и развитие малых городов происходит под воздействием региональных условий, а

также социальных процессов, которые определяют характер планировочной структуры. Формирование малых городов ЦЧР берет свое начало еще в IX веке. В течение XVI века формально и фактически входят в состав России. Строительство городовкрепостей становится новым этапом заселения Черноземного края. Города располагались зачастую по берегам рек, которые имели важное стратегическое значение. В XVII- XVIII вв. города приобрели оборонительные функции, что и определило их устройство и структуру плана. К концу XVII в. по указу Екатерины II «О сделании всем городам, их строениям и улицам специальных планов по каждой губернии особо», 1763 года, все планы были приведены к системе «образцового проектирования», которая создавалась виднейшими архитекторами того времени. Планы городов стали получать геометрически правильные формы, близкие к квадрату, прямоугольнику или кругу. Этот период знаменует появление регулярности в планах многих городов. Стихийная застройка приобрела упорядоченность. Однако в XIX веке наблюдался застой в социально-экономической жизни края, что повлекло за собой изменения планировочной структуры. Важным этапом развития городских агломераций стало появление железнодорожной сети в конце XIX века, что спровоцировало возникновение новых транспортных узлов с участием малых городов. С 1917 года наблюдается новый этап формирования региональной системы расселения. В этот период прослеживается рост промышленности и селитебных зон. Удаленное от центра расположение предприятий привело к нарушению компактности территорий городов. Города, которых не затронуло промышленное строительство, сохранили свои исходные параметры. Сейчас большинство из них похожи на большие села. На современном этапе состояние планировочной структуры малых городов Черноземья характеризуется неупорядоченной функциональной организацией, нерациональным использованием территорий под строительство, слаборазвитым социальнобытовым обслуживанием, размещением жилья в предельно близком расстоянии от предприятий промышленности, моральным и техническим износом зданий. В новых социальноэкономических условиях актуальнейшей проблемой является исследование траекторий преобразования малых городов с учетом их индивидуальных особенностей.

В современной России насчитывается 252 малых исторических города, обладающих историко-культурным потенциалом. В результате исследований только в Воронежской области собран большой исходный материал по истории региональной архитектуры и градостроительства, выявлено и паспортизировано около 300 памятников архитектуры, накоплен значительный научный потенциал в области реставрации и реконструкции историкоградостроительной среды. Много объектов наследия находится в малых городах [1]. Инфраструктура и обеспеченность рабочими местами таких городов находится на сравнительно низком уровне. Формирование и развитие комфортной биосферно-совместимой архитектурно градостроительной среды жизнедеятельности населения, бесспорно, является вопросом номер один в современных социально-экономических условиях. Ни для кого не секрет что в век всемирной глобализации человек все чаще испытывает так называемый техногенный стресс. Обильное загрязнение атмосферы, утомление все чаще сказывается на производительности труда и продолжительности жизни.

Филиал ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» проводил исследования в области загрязнения атмосферного воздуха в регионе. В 2012 предельные допустимые концентрации регистрировались в городах Борисоглебск и Павловск, в атмосферном воздухе которых обнаружены повышенные концентрации взвешенных веществ. По области коэффициент суммарной эмиссионной нагрузки сейчас составляет 7,76 т/куб.м. в год. Наиболее велик он на территории Воронежской области- 268,06 т/куб.м. В 2012 году пробы атмосферного воздуха г. Воронеж по содержанию азота диоксида, взвешенных веществ, фенола, формальдегида, серы диоксида, углерода оксида, стирола не отвечали гигиеническим нормативам и превысили нормативные значения более чем в 5 раз. Водный резерв области включает в себя 1197 речных водотоков, более 4000 озер,

прудов и водохранилищ. Общая протяжённость речной сети области составляет 9705 км. Главной водной артерией остается Дон с множеством притоков (реки Воронеж, Тихая Сосна, Икорец, Битюг, Осередь, Богучарка). Основными загрязняющими веществами реки Дон являются легко- и трудноокисляемые органические вещества, фосфаты, азот, железо, соединения меди и нефтепродукты. В сравнении с прошлым годом возросла загрязненность воды по железу и азоту, уменьшилась по органическим веществам и нефтепродуктам. Наиболее загрязненным среди обследуемых объектов остается воронежское водохранилище. Основными проблемами на территории области являются вопросы несанкционированного складирования отходов, бесхозяйных скотомогильников, гидротехнических сооружений. Многочисленные нарушения допускаются в сфере лесопользования.

Более значимым является показатель качества развития города, чем его количественный рост.

Академик И.М. Смоляр отмечает: «Исключение составляет группа малых городов, входящих в городские агломерации: этой группе свойственны показатели, во многом характеризующие градостроительное развитие в количественном и качественном измерениях» [2].

Развитие города должно происходить в соответствии с распределением капиталовложений в развитие основных функциональных процессов. Улучшение имиджа города путем создания новых предприятий сферы обслуживания и производства повлекут за собой улучшение качества жизни и помогут привлечь инвесторов. Это, в свою очередь, может повлечь за собой изменение эмоционального и психофизического состояния городского населения. Поэтому вполне уместно выражение: «человек строит город, а город формирует человека». Имеющиеся научные апробированные разработки [3,4] свидетельствуют о том, что объектом архитектурно-градостроительной деятельности является не искусственная техническая среда, а экологическая система, основным системообразующим звеном (звеном - мотиватором) «поведения» которой является население, т.е. определённое множество людей, объединяемое рядом социально-экономических, социально-культурных, и других системно - необходимых факторов (Рис.1).

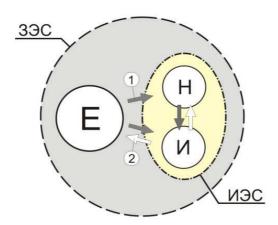


Рис. 1. Структурная модель взаимодействия среды и населения (По Лаврику Г.И.): Н – население, Е – естественная (природная) Среда; И – искусственная (архитектурная) среда; ИЭС – искусственная экологическая система, ЗЭС – земная (естественная и искусственная) экологическая система; 1 – прямая связь, 2 – обратная связь

Город должен обеспечивать необходимые условия жизнедеятельности человека и удовлетворять его социальные и биологические потребности. Малый город – демоэкосистема (от греч.demos - население, oikos – дом, родина), которая включает в себя все вышеперечисленные положения [5]. В современных условиях все чаще прослеживается тенденция развития

качественного роста общественного производства (повышение качества продукции, производительности труда, более разумное использование ресурсов, как материальных так и энергетических). Приоритетными направлениями развития социальной сферы малых городов региона являются: развитие социально-бытовой и социально-духовной инфраструктур (жилищное строительство, культурно-бытовое обслуживание, здравоохранение, образование, благоустройство городов); восстановление социально-демографического потенциала; духовное возрождение данных населенных пунктов (регенерация, обогащение и модернизация исторической среды); решение экологических проблем.

К началу исследуемого периода все города обладали сложившимися промышленными зонами. Анализ их функционально-планировочной организации позволил выявить три основных типа экологического включения зон в структуру города:

- -наличие единых зон промышленного назначения (Поворино, Таловая, Новохопёрск);
- -включение отдельных промышленных предприятий в структуру селитебной и общественной застройки (Эртиль, Бутурлиновка);
- -сочетание единых промышленных зон с отдельно расположенными предприятиями (Павловск, Бобров).

В основу проектных решений генеральных планов развития городов был заложен принцип чёткого функционального и экологического зонирования территории; предполагалась оптимизация транспортных внегородских и внутригородских связей, вынос за пределы селитебной застройки либо создание необходимых санитарно-защитных зон от вредных предприятий. Предполагалось строительство новых промышленных предприятий на свободных территориях, реконструкция и расширение действующих. Выбор территорий для нового строительства осуществлялся в соответствии со сложившейся функционально-планировочной структурой, возможностями и перспективами территориального роста города, обусловленными основными направлениями развития экологии и экономической базы.

На основе анализа сложившейся городской структуры и темпов предполагаемого роста городов предполагалось планировочное упорядочение промышленных зон по трём основным типам:

- создание в структуре города нескольких промышленных зон (Таловая, Поворино, Новохопёрск); (Рис. 2).

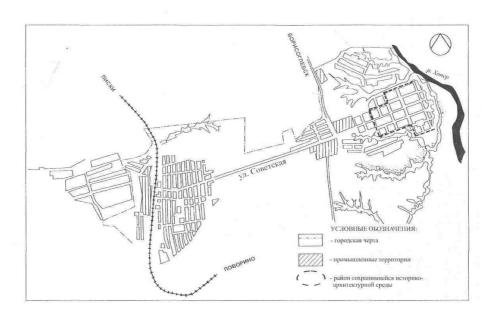


Рис. 2. Схема планировочной структуры г. Новохопёрска

- концентрация предприятий промышленного и складского назначения в единой зоне, вынесенной за пределы городской застройки (Калач, Павловск); (Рис. 3).

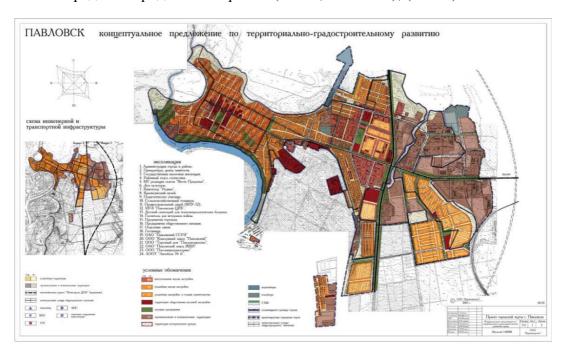


Рис. 3. Схема планировочной структуры г. Павловска

- сохранение отдельно расположенных промышленных предприятий в структуре города с созданием необходимых санитарно-защитных зон (Эртиль, Бобров). (Рис. 4)

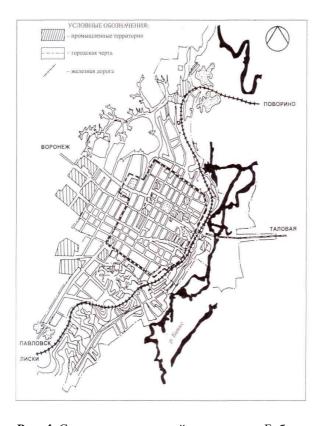


Рис. 4. Схема планировочной структуры г. Боброва

Анализ современного состояния промышленных зон городов, развитие которых предполагалось по первому типу, показал, что в целом это развитие соответствует проектируемому размещению их в структуре города. Все эти города обладали к началу проектирования схемой расположения промышленных зон примерно аналогичной современной. Таким образом, проектное решение опиралось на исторически сложившуюся структуру и предполагало дальнейшее её совершенствование. Но, тем не менее, имеются определённые несоответствия реального развития зон прогнозируемому, большей частью они касаются внутренней структуры территорий. В Поворино и Новохопёрске эти различия обусловлены низкими, по сравнению с прогнозируемыми, темпами развития экономической базы. По генеральному плану Новохопёрска предполагалось строительство целого ряда крупных промышленных предприятий, в числе которых: завод станочного оборудования, завод по производству электроинструментов, завод по производству регулируемых и нерегулируемых приборов, завод крахмала. Ни один из перечисленных заводов к настоящему времени не построен и даже не включён в перечень объектов, которые будут построены в ближайшее время. Не произошло увеличения маслобойного завода. В то же время хлебозавод увеличил свою мощность больше чем это запланировано.

Генеральный план Поворино предусматривал значительную активизацию экономической базы города путём строительства ремонтно-механического завода, завода «Мясомолмаш», строительства асфальтобетонного завода. Ни одно из запланированных предприятий до настоящего времени не построено.

Низкие темпы активизации экономической базы в этих городах привели к несоответствию планировочной структуры промышленных зон проектным решениям. Но есть и противоположные примеры, когда к такому же итогу приводит более активный, чем это предполагалось, рост экономической базы города. Примером города такого типа является Таловая. По генеральному плану Таловой не было предусмотрено строительство крупных промышленных предприятий. Предполагалось некоторое расширение имеющихся предприятий, упорядочение их внутренней структуры.

Из числа новых предприятий здесь должны были быть построены завод железобетонных изделий и кирпичный завод. Все имеющиеся предприятия были сосредоточены в трёх зонах, расположенных вблизи железной дороги.

Анализ современного экологического состояния промышленных зон показал, что про-изошли значительные изменения в их расположении относительно внутренней структуре.

В настоящее время все три зоны значительно расширились по своей территории, углубилась их специализация. Среди них можно выделить зону промышленных предприятий, в которую входит часть предприятий по обслуживанию сельскохозяйственной техники; вторая зона включает в себя преимущественно строительные организации и предприятия по производству строительных материалов; третья зона, частично входящая в отвод железной дороги, сосредоточила в себе складские территории, предприятия по переработке и хранению сельскохозяйственной продукции. Все три зоны в настоящее время занимают значительно больше территории, чем это предполагалось по проекту планировки.

Развитие промышленных зон по второму типу - выделение единой функционально планировочной зоны, предполагалось в Павловске и Калаче. К началу проектирования промышленные предприятия в исследуемых городах находились как за пределами селитебной застройки, так и непосредственно в структуре города. В структуре селитебной застройки Павловска были расположены предприятия складского назначения, судоремонтные мастерские, швейная фабрика, хлебозавод и др. За пределами городской застройки сформировалась единая промышленно складская зона, сконцентрировавшая в себе промышленные и сельскохозяйственные предприятия, строительные организации и склады различных ведомств. В Калаче также часть предприятий (механический завод, маслозавод, пищекомбинат др. предприятия) были расположены в структуре селитебной застройки. Кроме того, сформировались

две основные промышленные зоны вне селитебной застройки: вдоль железной дороги и в северо-восточной части города.

По генеральным планам городов, предполагалась концентрация новых промышленных предприятий в единой зоне. Промышленно-складской район в Павловске должен был сформироваться на основе уже существующего района. Промышленные предприятия, находящиеся в структуре городской застройки, предполагалось вынести. Кроме того, предлагалось строительство крупного горно-обогатительного комбината за пределами городской черты. В Калаче было намечено строительство крупного сахарного завода с единым комплексом обслуживающих и складских сооружений в 5 км от городской черты.

Современное экологическое состояние промышленных зон городов свидетельствует о том, что наряду с реализацией некоторых положений генеральных планов в развитии этих зон имеются и существенные отличия. Нужно отметить, что и в одном, и в другом случае реализованы предложения по строительству наиболее крупных предприятий за пределами городской черты. Произошла некоторая активизация и промышленных зон в структуре городов. Однако предприятия, расположенные в городской застройке, не вынесены. То есть, наряду с отдельными промышленными зонами здесь продолжают существовать и отдельные предприятия в структуре селитебной застройки.

Развитие промышленных зон по третьему типу предполагалось в Эртиле. Сохранение предприятий в структуре застройки соответствовало исторически сформировавшейся структуре города, промышленные предприятия которой являются своеобразными центрами жилой и общественной застройки, на которые ориентируется вся система транспортных и пешеходных связей. Каждый район, таким образом, представляет собой промышленно-селитебное образование.

По генеральному плану Эртиля предполагалось сохранение в структуре застройки основных промышленных предприятий, их расширение и реконструкция. При размещении новых предприятий учитывались сложившиеся экологические условия и необходимость рационального использования городских территорий. Новая промышленная зона, концентрирующая в себе ряд предприятий, размещалась в одном из районов города. Предполагается вынос за пределы городской черты вредных в экологическом отношении предприятий: скотооткормочного комплекса, кагатных полей и отстойников сахарного завода. Вокруг существующих предприятий предусматривалось создание санитарно-защитных зон.

Анализ развития градообразующей базы и промышленных зон исследуемых городов позволил выявить существенные отличия реального и прогнозируемого экологического развития, которые выражаются в структуре занятости населения. Это отражается в основных технико-экономических показателях и характере территориального расположения промышленных зон в структуре городов, их внутренней функционально-планировочной организации.

Библиографический список

- 1. А.Е. Енин. Историко-культурные основы анализа и оценки градостроительного потенциала территорий исторически сложившихся регионов (на примере ЦЧР). М. Академия наук о Земле. 2000.- 75 с.
- 2. Лаврик Г.И. Методологические основы исследования архитектурных систем [Текст]: дис. д-ра архитектуры: 18.00.01: утв. 20.02.81/Лаврик Геннадий Иванович. К.,1979. 251 с.
- 3. Лаврик Г.И. Место и значение районной планировки в гармонизации среды жизнедеятельности [Текст] / Г.И. Лаврик, В.В. Перцев // Здоровье населения стратегия развития среды жизнедеятельности: в 2 т.: сб. ст. к Общему собранию РААСН / БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. Т.2. С. 19-29.
- 4. Лаврик Г.И. Методологические основы районной планировки. Введение в демоэкологию.: Учебник для вузов. Г.И. Лаврик.- Белгород.: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.- с 23.

5. И.М. Смоляр. Проблемы развития малых городов в агломерациях.- Материалы первой российской региональной конференции «Развитие малых городов Центрально-чернозёмного региона»,-Воронеж,1996,стр.21-22.

- 1. Lavrik GI The methodological basis of the research of architectural systems [text]: Dis. Dr. architecture: 18.00.01: approved. 20.02.81/Lavrik Gennady. K., 1979. 251 p.
- 2. Lavrik GI The place and importance of regional planning in the harmonization of the medium ¬ Di life [text] / GI Lavrik, V. Pertsev / / Health of the population a strategy of living environment: in 2 volumes: Sat. Art. for the General Meeting RAASN / BSTU. VG Shukhov. Belgorod State Technological University Publishing House, 2008. V.2. Pp. 19-29.
- 3. Lavrik GI Methodological foundations of regional planning. Introduction to demoekology.: Textbook for high schools. GI Lavrik. Belgorod.: BSTU. VG Shukhov, 2006.-23.
- 4. AE Enin. Historical and cultural foundations of the analysis and evaluation of the potential of urban areas historically developed regions (for example, the CCR). Moscow Academy of Earth Sciences. 2000. 75.
- 5. IM Smolar. Problems of development of small towns in the metropolitan areas. The first Russian regional conference "Development of small towns of the Central Black Earth region", Voronezh, 1996, p.21-22.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

УДК 628.316

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Аспирант, кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения 3. С. А. Аль-Амри.

Россия, г. Воронеж, тел. +7(951)541-01-58 e-mail: zaidalamry@mail.ru

Воронежский государственный

архитектурно-строительный университет Док. тех. наук, проф. кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения

В.И. Щербаков

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-76-40-10 e-mail: scher@vgasu.vrn.ru

Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства. Док. тех. Наук проф. кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения Л.С. Алексеев

Россия, г. Москва, тел. +7(495) 4-62-27-92 e-mail: alexeevaa@yandex.ru

ОАО «НИИ Водоснабжения канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии»

Канд. техн. наук Ивлева Г.А.

Россия, г. Москва, тел. +7(495) 5-22-12-00

e-mail: gal-ivl@yandex.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Ph.D.-student, Dept. of the hydraulics water supply and wastewater disposal

Z. S. A. Al-Amry.

Russia, Voronezh, tel. +7(951)541-01-58 e-mail: zaidalamry@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

D.Sc.(Engineerin), Prof. of the Dept. of the hydraulics water supply and wastewater disposal V.I. Shcherbakov

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-76-40-10 e-mail: scher@vgasu.vrn.ru

Moscow State Academy of Municipal Economy and Construction.

D.Sc.(Engineerin), Prof. of the Dept. of the hydraulics water supply and wastewater disposal L.S. Alexeev

Russia, Moscow, tel. +7 (495) 4-62-27-92 e-mail: alexeevaa@yandex.ru

JSC "Research Institute of Water Supply Sanitation, waterworks engineering and hydrogeology"

Candidate of Science G.A Ivleva

Russia, Moscow, tel. +7(495) 5-22-12-00

e-mail: gal-ivl@yandex.ru

3. Аль-Амри, В.И. Щербаков, Л.С.Алексеев, Г.А.Ивлева

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КАЛЬЦИНАЦИИ МЯГКИХ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Намечены основные инновационные технологии для интенсификации процесса обогащения мягких питьевых вод физиологически необходимым кальций-ионом. Установлено, что в случае применения кальций карбонатсодержащих пород скорость фазовых превращений углекислотных соединений определяется кинетической стадией.

Ключевые слова: подземные воды, кальцинация.

Z. Al-Amry, V.I. Shcherbakov, L.S. Alexejev, G.A. Ivleva

INVESTIGATION OF FILTER CALCINATION OF SOFT DRINKING-WATERS

Basic innovative technologies are set for intensification of process of enriching of soft drinking-waters physiological necessary calcium. It is set, that in case of application granular CaCO₃ kinetics of phase transformations of carbon-dioxide connections is determined by the kinetic stage.

Keywords: groundwater, calcination.

Медицинскими исследованиями установлено при концентрацией кальций-иона менее 30 мг/м³в питьевой воде в организме людей наблюдаются неблагоприятные изменения сердечнососудистой деятельности и водно-солевого обмена, а также учащение травматических переломов костей скелета. В России источники мягких вод доминируют в азиатской части и на северном склоне европейской части страны. Кроме того мягкими являются солёные воды, опреснённые дистилляцией и обратным осмосом в основном в ряде приморских городов арабских стран.

В этих случаях необходимо довести содержание кальция в воде до установленных пределов. В производственных масштабах, наряду с реагентными методами кальцинации, находят распространение более технологичные фильтрационные методы с применением карбонатсодержащих пород кальция (мрамор, известняк, кораллы и др.).

Недостаток кальция в искусственных водах (дистилляте, пермеате и др.), предназначенных для питья, побуждает осуществлять в этих водах повышение его концентрации до уровня, обоснованного современными физиолого-гигиеническими исследованиями (не менее 30 мг/дм³). Целью данного экспериментального исследования был поиск путей интенсификации фильтрационной кальцинации дистиллята в том числе за счёт замены диоксида углерода минеральной кислотой (соляной, серной) по уравнениям:

$$CaCO_3(m_6) + 2HC1 \rightarrow Ca^{2+} + 2C1^{-} + H_2O + CO_2$$

 $CaCO_3(m_6) + H_2SO_4 \rightarrow Ca^{2+} + SO_4^{2-} + H_2O + CO_2$

Экспериментальная оценка сравнительной эффективности дозировки минеральной кислоты (соляной, серной) в процессе фильтрационного обогащения дистиллята кальцием проведена на двухконтурной циркуляционной установке (рис.). Контур первый состоит из абсорбера I, насоса 2 и баллона 3 с диоксидом углерода. Он использован для обогащения дистиллята диоксидом углерода. Абсорбер работает в барботажно-брызгальном режиме.

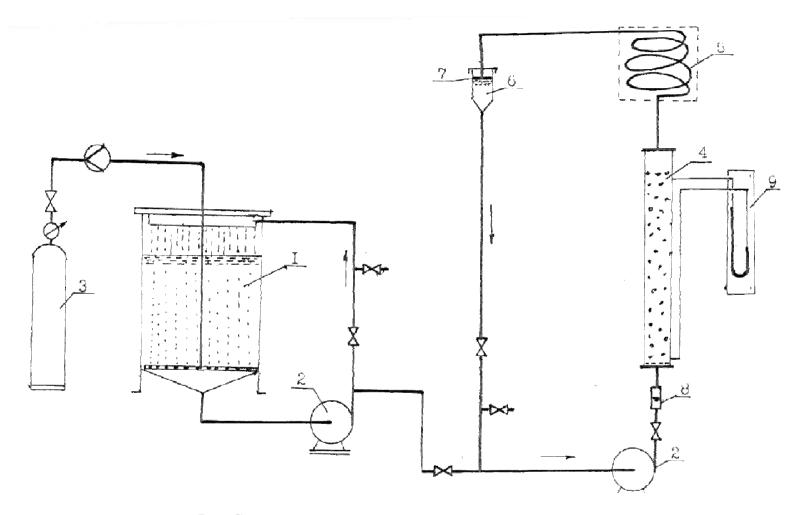


Рис. Схема экспериментальной циркуляционной установки:

1 - абсорбер для растворения диоксида углерода; 2 - насос; 3 - баллон с диоксидом углерода; 4 - фильтр с карбонатной загрузкой; 5 - аппарат-вытеснитель; 6 - компенсационная емкость; 7 - поплавок; 8 - ротаметр; 9 - дифманометр

Контур второй состоит из фильтра 4 с кальцийкарбонатсодержащей загрузкой, насоса 2, аппарата "идеального вытеснения" 5, соединенного гибким шлангом через поплавок 7 с компенсационной емкостью 6, а также ротаметра 9. В качестве загрузки фильтра использован дроблёный ракушечник. Химический состав загрузки: SiO_2 - 2,09%; Fe_2O_3 - 0,57%; AlO_3 - 0,97%; TiO_2 - следы; CaO - 52,93%; CaO - 0,63%; CaO - 0,63%; CaO - 0,20%; CaO - 0,33%; потери при прокаливании 41,98%; неучтенные потери - 0,27%. Эксперименты проведены на термически опресненной воде, полученной на электродистилляторе, по составу, близкому к физико-химическому составу промышленного дистиллята. Основные показатели: солесодержание - до 5 мг/дм³; общая жесткость - 0,15 - мг-экв/дм³; щелочность - 0,05 мг-экв/дм³; сульфаты - 0,3 мг/дм³; хлориды - 0,1 мг/дм³; рН = 6,9.

Диаметр фильтра - 50,5 мм, высота слоя загрузки - 1000 мм.

Аппарат "идеального вытеснения" представляет собой спираль из гладкостенной трубы с внутренним диаметром 30 мм и обеспечивает увеличение объема циркулирующей жидкости второго контура. Это позволяет увеличить время цикла, а, следовательно, и продолжительность опыта с целью получения более подробных данных по кинетике обогащения. В связи с тем, что из циркуляционного контура в процессе эксперимента ведется постоянный отбор проб и объем циркулирующей воды уменьшается, то с целью предотвращения разрыва струи введена компенсационная емкость 6, оборудованная подвижным поплавком 7, изолирующим воду от атмосферного воздуха. Время контакта жидкости с загрузкой рассчитывалось с учетом уменьшения объема циркулируемой жидкости в результате отбора проб из контура.

Циркуляционная установка, в которой не происходит перемешивания потока в контуре, т.е. характеристика элементарного объема воды меняется только в загрузке фильтра. Но, несмотря на это, циркуляционная схема имеет ряд преимуществ: она позволяет изучать кинетику обогащения дистиллята кальция в широком диапазоне скоростей и времени фильтрования, что практически невозможно реализовать при проточном фильтровании.

Согласно методике экспериментальных исследований предусматривалось приготовление в баках растворов угольной, соляной и серной кислот с концентрацией 30, 44, 60 мг/дм³. В ходе каждого опыта через определенные промежутки времени отбирались пробы фильтрата и определялась концентрация кальция в фильтрате. Скорость фильтрования воды во всех опытах принималась постоянной равной 6 м/ч. Время контакта варьировалось путем отбора пробы фильтрата по высоте фильтра. Результаты опытов приведены в табл.1.

Таблица 1 Концентрация кальция (мг/дм³) в фильтрате в зависимости от времени контакта и концентрации диоксида углерода и кислот в исходном дистилляте

Время	Содержание кальция в фильтрате при дозировке, мг/л									
фильт-рова-	CO_2				HC1			H_2SO_4		
рова $^{-}$ ния τ_{κ} , мин	30	44	60	30	44	60	30	44	60	
1,36	9,2	10,0	12,0	18,0	22,0	32,5	17,5	20,4	28,0	
2,74	13.5	15,5	17,5	22,5	32.0	46,0	21,0	29,8	40,5	
4,14	17,8	20, 4	26,0	26,3	38,0	51,2	24,6	36,2	47,8	
5,56	20,5	24,0	29.2	29,0	42,2	55,0	27,7	39,5	50,0	
8,46	22.7	28,2	33,5	30,8	44,0	56,7	29,0	41,0	51,4	
11,46	24,0	31,5	37,0	31.5	45,0	58,0	29.5	42,5	54,2	
14,43	25,2	33,0	40,2	32,0	45,0	59.2	30,0	43,0	56,0	

При сопоставлении результатов, полученных за одно и то же время процесса обогащения (12-14 мин) применение соляной и серной кислоты позволяет увеличить концентрацию кальция в фильтрате соответственно только в 1,31-1,27 и 1,23-1,19 раза.

Реакция взаимодействия сильной кислоты с карбонатной загрузкой протекает интенсивно и завершается по существу в пределах 1,5 мин. Далее в реакцию вступает слабая углекислота, образующаяся в результате этой реакции. Однако, в этом случае фильтрат становится карбонатно-хлоридным или карбонатно-сульфатным. Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 и нормам ЕЭС многие макрокомпоненты, в том числе хлориды и сульфаты, в питьевой воде регламентируются, как показано в табл. 2. Более жесткие требования предъявляются ЕЭС к стандарту питьевой воды. С учетом этого стандарта содержание в питьевой воде хлоридов и сульфатов должно составлять не более 25 мг/дм³, что соответствует концентрации 25 мг/дм³ для каждой из кислот.

Таблица 2 Сравнительные данные о ПДК некоторых лимитирующих ингредиентов по СанПиН и Международным стандартам

Ингредиенты	Допустимое содержание, мг/дм ³					
	СанПиН	Международные	стандарт			
	2.1.4.1074-01	стандарт питьевой	питьевой во-			
	«Питьевая	воды (Женева,	ды ЕЭС			
	вода»	1973)	(optim)			
Солесодержание	≤1000	500÷1500	≤1500			
\mathbb{X} , мг-экв/дм 3	≤7	2÷7	≥3			
Хлориды C1 ⁻	≤350	200÷600	≤25			
Сульфаты ${{\rm SO_4}^{2}}$	≤500	200÷400	≤25			
Кальций Са ²⁺	-	75÷200	≤100			
Магний Mg ²⁺	-	30÷150	≤30			

В табл.3.3 приведены сопоставительные данные о качестве обогащенной воды при одновременном использовании обеих минеральных кислот и диоксида углерода.

Из анализа данных табл. 3 можно сделать вывод о том, что сдерживающим фактором на замену диоксида углерода на более технологичные минеральные кислоты при предварительной обработке воды перед её фильтрационной кальцинацией является прирост хлоридов и сульфатов в фильтрате сверх норм европейского стандарта на качество питьевой воды.

В связи с этим предлагается на этапе предварительной обработки воды использовать комбинацию обеих сильных кислот или сочетание одной из них с диоксидом углерода.

Таблица 3 Сопоставительные данные качества воды при использовании диоксида углерода и минеральных кислот

Варианты	Концентрации вводимых реагентов, мг/дм ³	Ж _{пос.} , мг- экв/ дм ³	Ж _{вр} , мг- экв/ дм ³	HCO ₃ ⁻ ,мг/ дм³	C1 ⁻ , мг/ дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/ дм ³	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , мг/ дм ³	Соле- содер- жание, мг/ дм ³
Диоксид	40 мг/дм ³ СО ₂	0	1.55	95.0	0	0	31.0	126.0
углерода	52 мг/ дм ³ CO ₂	0	1.8	109.0	0	0	36.0	145.0
Мине- ральные кислоты	26мг/дм ³ HC1+14мг/ дм ³ H ₂ SO ₄ =40 мг/ дм ³	1.0	1.0	61.4	25.0	13.7	40.2	142.0
	26мг/дм ³ HC1+26мг/ дм ³ H ₂ SO ₄ =52мг/ дм ³	1.25	1.25	76.4	25.0	25.0	50.1	176.4
Норматив		Жпос.+	Ж _{вр} ≥2	-	≤25	≤25	≥40	≥150

Выводы

- 1. Реакция взаимодействия сильной кислоты с карбонатной загрузкой протекает интенсивно и завершается по существу в пределах 1,5 мин. Далее в реакцию вступает слабая углекислота, образующаяся в результате этой реакции.
- 2. Сдерживающим фактором на замену диоксида углерода на более технологичные минеральные кислоты при предварительной обработке воды перед её фильтрационной кальцинацией является прирост хлоридов и сульфатов в фильтрате сверх норм европейского стандарта на качество питьевой воды.
- 3. Предлагается на этапе предварительной обработки воды использовать комбинацию обеих сильных кислот или сочетание одной из них с диоксидом углерода.

Библиографический список

- 1. Алексеев Л.С. Совершенствование методов стабилизационной водообработки для регламентирования качества и расхода воды в агропромышленном комплексе. Автореф. дис...д ра техн. наук: 05.23.04-М:2006-50 с.
- 2. Ивлева $\dot{\Gamma}$.А. Кондиционирование опресненной воды для питьевых целей //Международный научно-практический семинар «Мир воды- 2003», г. Обнинск.
- 3. Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение: Учебник для вузов в 2-х томах. М.: Издательство АСВ, 2008, 557 с.

- 1. Alekseev L.S. Improvement of methods for stabilization of water treatment to regulate the quality and quantity of water in agriculture. Author. dis ... d ra tech. Sciences: 05.23.04: 2006-M-50 s.
- 2. Ivlev G.A. Conditioning of desalinated water for drinking / / International scientific-practical seminar "Water World-2003", Obninsk.
- 3. Somov M.A., M.G. Zhurba Water: The textbook for high schools in two volumes. Moscow: Publishing House of the DIA, 2008, 557 p.

УДК 628.316; 621.928.38

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Аспирант, кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения Д.Е. Белых Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-50-48 е-таіl: dmitriy.belykh@gmail.com
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Докт. тех. наук, проф. кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения В.И. Щербаков Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-76-40-10 е-таіl: scher@vgasu.vrn.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Ph.D.-student, Dept. of the hydraulics water supply and wastewater disposal D.E. Belykh Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-50-48 e-mail: dmitriy.belykh@gmail.com
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
D.Sc.(Engineerin), Prof. of the Dept. of the hydraulics water supply and wastewater disposal V.I. Shcherbakov
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-76-40-10 e-mail: scher@vgasu.vrn.ru

Д.Е. Белых, В.И. Щербаков

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЦИКЛОНА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Рассматривается актуальность и технологические особенности метода извлечения фосфора из сточных вод методом кристаллизации. Приводятся результаты работы опытной установки с гидроциклоном в качестве основного устройства для предотвращения выноса из зоны реакции и потерь рабочего материала.

Ключевые слова: извлечение фосфора, гидроциклон, гидрат силиката кальция.

D.E. Belykh, V.I. Shcherbakov

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES FOR THE APPLICATION OF HYDROCYCLONES IN PROCESS OF PHOSPHORUS RECOVERY FROM WASTEWATER BY CRYSTALLISATION

Necessity and technological features of the technology for the phosphorus recovery by crystallization are observed. Results from the experimental installation operation with using hydrocyclone as primary device for holding CSH in the reaction zone and prevention of the material looses are shown.

Keywords: phosphorus recovery, hydrocyclone, calcium silicate hydrate.

Существует несколько причин для разработки и совершенствования технологии извлечения фосфора из сточных вод для дальнейшей переработки:

1. Фосфор является жизненно необходимым химическим элементом для всего живого. Он входит в состав ДНК и РНК и участвует во многих клеточных процессах. Современное сельское хозяйство сильно зависит от качества и количества удобрений, одним из основных компонентов которых являются фосфаты. При этом фосфатная руда - невозобновляемый природный ресурс, запасы которого по прогнозам учёных будут исчерпаны через 60 – 240 лет [2].

- 2. Присутствие в выпускаемых в водоёмы сточных водах биогенных элементов в больших количествах вызывает эвтрофикацию водоёма и гибель исходной экосистемы [1].
- 3. При использовании химических методов удаления возникает серьёзная проблема утилизации образующегося осадка, при биологических высоко концентрированных стоков от обработки активного ила.

В данной работе был исследован метод извлечения фосфора из сточных вод в процессе кристаллизации и его совершенствование с помощью включения в технологическую схему процесса напорного гидроциклона. Принципиальная схема исходного метода [3] представлена на рис. 1.

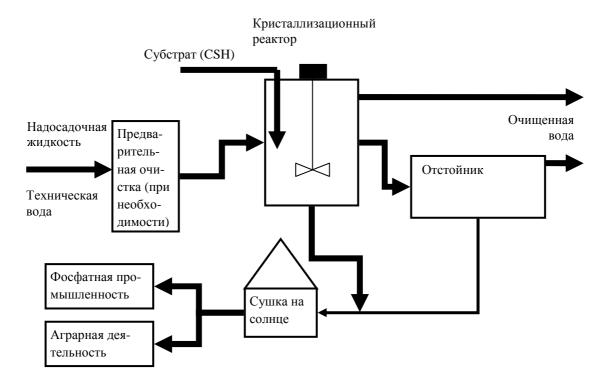


Рис. 1. Принципиальная схема метода извлечения фосфора из сточных вод

Технология P-RoC (Phosphorus recovery by crystallisation), — извлечение фосфора методом кристаллизации, была разработана в Германии в Исследовательском центре г. Карлсруэ. Суть технологии заключается в использовании гидрата силиката кальция (рис. 2) для извлечения фосфора, в виде продукта, обладающего потенциалом дальнейшего использования как вторичного сырья в аграрной и промышленной индустрии [4].

Гидрат силиката кальция (CSH) составляет основную массу такого строительного материала как вспененный бетон (газосиликат) [5]. Вспененный бетон, также известный как газосиликат, – это пористый материал с очень низкой плотностью (275-400 кг/м³). Газосиликат изготавливается из силикатного песка, цемента, извести и воды. Смесь вспенивается с помощью алюминиевого порошка и затем подвергается обработке в автоклаве (180-200 0 C, 1 МПа, около 10 часов), в ходе чего образуется прочная кристаллическая структура - тоберморит (Ca₅Si₆O₁₆(OH)₂*H₂O). Тоберморит также очень редко встречается в природе и принадлежит к группе минералов, известных как гидраты силиката кальция (CSH). Для извлечения фосфора из сточных вод используются мелкие обломки-гранулы, образующиеся при обработке вспененного бетона.



Рис. 2. Гидрат силиката кальция (CSH)

Кристаллизационный реактор, в котором происходит процесс удаления фосфора из жидкости, снабжён мешалкой, благодаря которой субстрат поддерживается во взвешенном состоянии, а также обеспечивается необходимое для роста кристаллов омывание частиц CSH потоком жидкости. Технологический процесс извлечения фосфора работает при непрерывной подаче и отводе богатой расворённым фосфором воды из реактора. Загрузка субстрата меняется раз в несколько дней, по мере истощения реакции и насыщения частиц тоберморита фосфатами. Замена происходит при полной остановке процесса и опорожнении реактора. Отстойник, используемый в стандартной технологической схеме (рис. 1), необходим, прежде всего, для задержания частиц субстрата, случайно выносимых вместе с потоком жидкости. После попадания в отстойник и оседания на его дно частицы CSH перестают выполнять свою роль субстрата для роста кристаллов фосфатов. Предполагается, что конструктивные изменения реактора, формы и частоты вращения мешалки, а также расположения и диаметра выпускного отверстия могут уменьшить количество выносимых из реактора частиц СЅН, однако такие меры не могут полностью исключить проскакивание частиц, особенно с ростом производительности. Было предложено использование осаждения частиц в центробежном поле сил, в частность использование гидроциклонов на выпуске из реактора. Гидроциклоны обладают хорошей производительностью, невысокой стоимостью эксплуатационных и капитальных затрат, и, учитывая высокую плотность (около 2,43 г/см³) и размер большей части фракции -0.5 мм, можно предположить и высокую эффективность осаждения частиц.

Использование гидроциклона в качестве замены отстойнику для предотвращения выноса частиц тоберморита из зоны реакции было экспериментально исследовано в лаборатории Научно-исследовательского центра Технологического института Карлсруэ. Конструктивно гидроциклон был выполнен из прозрачного пластика, для визуального наблюдения за процессом разделения. Диаметр корпуса 100 мм.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 3. Масса загруженного в систему СЅН была равна 4,6097 кг по сухому веществу. Для эксперимента была использована водопроводная вода, которая подавалась из ёмкости-аккумулятора мембранным насосом с расходом 2 л/мин. На входной патрубок гидроциклона жидкость из реактора подавалась центробежным насосом, давление на входе в гидроциклон составляло 0,5 атм. Поток жидкости от верхнего патрубка (осветлённого продукта) гидроциклона частично возвращался обратно в реактор, частично уходил в слив через отстойник. Отстойник был установлен для проверки качества и количества частиц, которые не были задержаны гидроциклоном. Отстойник был оборудован переливным лотком в центральной части. Слив с нижнего (сгущающего) патрубка полностью возвращался в реактор. Время работы экспериментальной установки 28 часов.

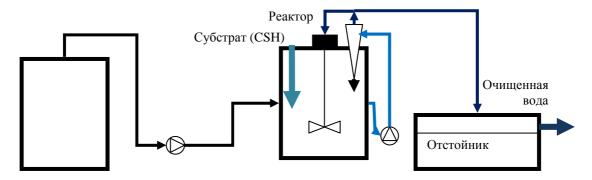


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

Процесс разделения частиц в гидроциклоне проходил стабильно. Мерные цилиндры были использованы для определения визуального количества оседающих частиц в нисходящем и восходящем потоках гидроциклона. Объём пробы - 1 литр, рис. 4, восходящий поток - слева, нисходящий поток - справа.

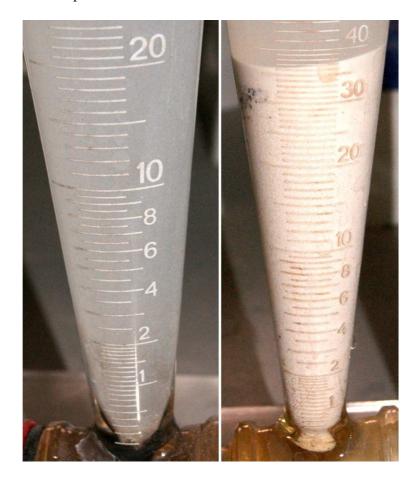


Рис. 4. Осадок из частиц CSH в воссходящем и низходящем потоке гидроциклона

После окончания эксперимента система была опорожнена и весь обнаруженный тоберморит высушен и взвешен. В отстойнике были обнаружены пылевидные частиц размером много меньше среднего размера исходных частиц субстрата (0,5 мм).

Данные о суммарной массе частиц субстрата, обнаруженных в разных частях системы, приведены в таблице.

Масса обнаруженного CSH после окончания эксперимента

Источник	Масса по сухому веществу, г.	Доля от исходной массы CSH, %	Доля от массы CSH, оставшегося в системе, %	
Реактор	4156	90,16	96,90	
Отстойник	121	2,62	2,82	
Соединительные трубы	10	0,22	0,23	
Переливной лоток от- стойника	1	0,02	0,02	
Всего осталось в системе:	4289	93,04	100,00	
Потери	321	6,96	7,48	

Выводы:

Доказана эффективность использования гидроциклона для отделения частиц CSH от основного потока жидкости.

Потери субстрата обусловлены потерями пылевидных частиц, плохо задерживаемых даже с помощью отстойника.

Доказана возможность включения гидроциклона в технологическую схему процесса извлечения фосфора методом кристаллизации в качестве замены отстойника для предотвращения существенных потерь материала и возвращения частиц стандартного размера в зону реакции.

Библиографический список

- 1. Экологическая безопасность внутригородских водоёмов (на примере Воронеж. водохранилища) / И.И. Полосин [и др.]; Федер. агентство по образованию, Воронеж, гос. архитектур. строит. ун-т. Воронеж: Изд-во ВГАСУ, 2005. 100 с.: ил.
- 2. Cornel, P., Schaum, C. Phosphorus recovery from waste water: needs, technologies and costs, Water Science and technology, 59 (6), 2009, pp. 1069-1076.
- 3. Berg, U., Knoll, G., Kaschka, E., Kreutzer, V., Weilder, P.G. & Nuesch, R. P-RoC Phosphorus recovery from wastewater by crystallization of calcium phosphate compounds. J. Res. Sci. and Techn. 4(3), 2007, pp. 117-122.
- 4. A. Ehbrecht, S. Schönauer, T. Fuderer and R. Schuhmann P-Recovery fromsewage by seeded crystallisation in a pilot plant in batch mode technology // Water Science & Technology. c. 339-344. 63.2 2011
- 5. Hellers, B.G., Schmidt, B.R.: Autoclaved aerated concrete (AAC) the story of a low-weight material. 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, Bydgoszcz, Poland, http://www.5icaac.utp.edu.pl, (2011).

- 1. Ecological safety of intercity water bodies (on the example of Voronezh water storage basin) / I.I. Polosin [et al.]; Federal educational agency, Voronezh, state university of architecture and civil engineering. Voronezh: Raven. VGASU, 2005. 100 p.
- 2. Cornel, P., Schaum, C. Phosphorus recovery from waste water: needs, technologies and costs, Water Science and technology, 59 (6), 2009, pp. 1069-1076.

- 3. Berg, U., Knoll, G., Kaschka, E., Kreutzer, V., Weilder, P.G. & Nuesch, R. P-RoC Phosphorus recovery from wastewater by crystallization of calcium phosphate compounds. J. Res. Sci. and Techn. 4(3), 2007, pp. 117-122.
- 4. A. Ehbrecht, S. Schönauer, T. Fuderer and R. Schuhmann P-Recovery fromsewage by seeded crystallisation in a pilot plant in batch mode technology // Water Science & Technology. c. 339-344. 63.2 2011
- 5. Hellers, B.G., Schmidt, B.R.: Autoclaved aerated concrete (AAC) the story of a low-weight material. 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete, Bydgoszcz, Poland, http://www.5icaac.utp.edu.pl, (2011).

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 699.86:728.1

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования зданий и сооружений Э.Е. Семенова; Магистр кафедры проектирования зданий и сооружений К.С. Котова Россия, г. Воронеж, тел. 8 919 185 05 84

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Cand. Tech. Sci., associate prof. of the designing of buildings and constructions faculty E.E. Semenova; Master of the designing of buildings and constructions faculty K.S. Kotova Russia, Voronezh, tel. 8 919 185 05 84

Э.Е. Семенова, К.С. Котова

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ДОМА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ МИНИМИЗИРУЮЩИХ ПОТЕРИ ТЕПЛА

Рассмотрено влияние конструкций светопроемов на повышение энергоэффективности жилого дома, приведены основные факторы, влияющие на значение приведенного сопротивления теплопередаче окна.

Ключевые слова: энергоэффективность, теплопередача, трансмиссионные потери.

E. E. Semenova, K. S. Kotova

THE ANALYSIS OF DEPENDENCE OF ENERGY EFFICIENCY APARTMENT HOUSE FROM THE USE OF WINDOW OPENINGS MINIMIZE THE LOSS OF ARBERG'S

The influence of the structures window to increase the energy efficiency of the residential houses, the main factors affecting the value of the co-resistance to heat transfer of the window.

Keywords: energy efficiency, heat transfe, transmission losses.

Все более актуальными становятся вопросы повышения энергоэффективности жилых зданий. Возрастание интереса к повышению энергетической эффективности зданий связано не только с экономической точки зрения, но и со стремлением к возведению домов минимизирующих вредное влияние на окружающую среду. Решение этих задач достигается главным образом за счет улучшения теплотехнических параметров наружных стен и кровли, а так же созданием оптимально комфортных условий для проживания. Энергоэффективные составляющие дома это не только применение хорошего теплоизолирующего материала, это комплекс мероприятий. Таких как: охлаждение дома вентиляцией, использование альтернативных источников энергии для отопления помещений, снижение или повышение притока тепла через окна. Наиболее подробно рассмотрим последний метод.

Окна — это конструктивный элемент, который играет важную роль в оформлении интерьеров помещений и фасадов зданий. Качественное окно влияет на тепловую защиту от холода и летнего перегрева, а так же от шума. Не правильно выбранный тип оконных проемов может привести к бесполезной трате огромного количества энергии на отопление. Как известно, через оконные проемы может теряться до трети тепловой энергии потраченной на отопление. Чем больше площадь окон дома, тем большее значение приобретает качество ос-

текления и его теплозащитные свойства. Современные окна изготавливаются Применение герметичных оконных конструкций позволяет существенно снизить теплопотери за счет ликвидации поступления холодного воздуха снаружи помещения через неплотности в окнах и увеличения сопротивления тептеплопередаче через площади остекленных проемов.

Конструкции профилей стеклопакетов совершенствуются за счет исключения хорошо теплопроводящих металлических элементов, включения в промежуточное пространство между стеклами специальных отражающих пленок. Внутренняя сторона ближнего к комнате стекла покрыта так называемым низкоэмиссионным оптическим покрытием- тонким, прозрачным, нейтральным по цвету и прочности невидимым слоем электропроводящего метала. Это покрытие защищается вторичным покрытием, в качестве которого используется слой оксида металла. Низкоэмиссионное покрытие отражает тепловой поток, исходящий из помещения. Эмиссивитет — это мера способности какой-либо поверхности поглощать или терять тепло. Принято оценивать эмиссивитет по шкале от 0 до 1. Чем выше значение эмиссивитета по этой шкале, тем быстрее поверхность теряет тепло. Для сравнения — эмиссивитет поверхности обычного стекла составляет □= 0,9, а эмиссивитет поверхности стекла с «твердым» покрытием □=0,17. Низкоэмиссионное стекло бывает двух типов: К-стекло и I-стекло.

На первый тип (так называемое К-стекло) наносится стойкое прозрачное пиролитическое покрытие, которое включает ряд компонентов, по большей части металлов. Оно обеспечивает прохождение солнечной энергии в здание и практически не снижает прозрачность, при этом существенно сокращает тепловые потери через окно. Покрытие пропускает коротковолновую солнечную энергию в помещение, но не пропускает наружу длинноволновое тепловое излучение, например, от отопительных приборов. На второй тип стекла (так называемое «І-стекло») наносится покрытие методом электромагнитного напыления в вакууме, во время которого частицы оксидов металлов оседают на стекло. Преимущество данного метода состоит в получении стекла, покрытого равномерным качественным теплозащитным слоем. Основным недостатком такого типа стекла является его пониженная абразивная стойкость по сравнению с К-стеклом, что представляет определенные неудобства при транспортировке и хранении. Нанесение низкоэмиссионного покрытия на «энергосберегающие» стеклопакеты позволяет сочетать высокую свето- и энергопроницаемость с оптимальным значением коэффициента теплоотдачи. При проектировании энергосберегающих стеклопакетов основной целью является обеспечение высокого коэффициента энергопроницаемости д и одновременно – минимально возможного коэффициента теплоотдачи U. Улучшение значений U для остекления приводит к существенному повышению температур внутренних поверхностей. При правильной установке окон с тройным остеклением можно обеспечить полное отсутствие сквозняков в области остекления [2].

Как известно, тепловые потери помещения определяются двумя факторами: трансмиссионными и вентиляционными. Трансмисионные потери складываются из потоков тепла, которое помещение отдает через стены, окна, двери, потолок и пол. Под вентиляционными понимается количество тепла, необходимое для нагрева холодного воздуха до температуры помещения, который проникает через негерметичные окна и в результате вентиляции. Если рассмотреть физические основы процесса теплообмена здания с окружающей средой, то большая часть потерь тепла из зданий происходит за счет процесса теплопередачи (Q_T) и при инфильтрации (Q_0), обусловленной воздухообменом внутренних помещений

$$Q = QT + Qi, (1)$$

Тепловой поток за счет воздухообмена рассчитывается по формуле

$$Qi = m \times V \times (tB - tH) / 3, \tag{2}$$

где m – коэффициент инфильтрации – кратность воздухообмена помещения за 1 час;

V – объем помещения, м³;

 t_B — температура воздуха внутри помещения;

 t_{H} — температура наружного воздуха.

Формула показывает, что при увеличении герметизации здания, величина неорганизованного воздухообмена снижается и соответственно уменьшаются и теплопотери [1]. Трансмиссионный поток теплоты определяется следующим образом

$$Q_T = U \times A \times (t_B - t_H) = A \times (t_B - t_H)/R, \tag{3}$$

где A – площадь поверхности элемента здания, м²;

U – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, $BT/(M^2 \times K)$;

R=1/U — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м²×°C)/ Вт.

В России для оценки теплозащитных характеристик конструкций принято сопротивление теплопередаче R₀. Оно нормируется СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника».

Для усиления теплоизолирующего эффекта пространство между стеклами может заполняться инертным газом — аргоном. Существуют конструкции стеклопакетов, у которых в пространстве между стеклами создается вакуум, а на внутреннюю сторону стекла наносится невидимый теплоотражающий слой серебра. Сопротивление теплопередаче оконного стеклопакета составляет в среднем 0,3-0,8 м².°С/Вт и зависит от количества стекол и других особенностей конструкции стеклопакета. Увеличение количества стекол в стеклопакете не только повышает сопротивление теплопередаче, но и существенно снижает прозрачность остекления, а также приводит к утяжелению оконного блока. Говоря о теплоизоляции, необходимо помнить, что летом окна должны выполнять противоположную зимним условиям функцию: защищать помещение от проникновения солнечного тепла в более прохладное помещение. Такие элементы как жалюзи, ставни и т.п. работают как временные теплозащитные устройства и существенно уменьшают теплопередачу через окна.

Библиографический список

- 1. Бадьин Г.М., Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. СПб.: БВХ Петербург, 2011.-432 с.
- 2. Гершкович В.Ф., Энергосберегающие системы жилых зданий. Пособие по проектированию, 2008.-c.31.
 - 3. Электронный адрес: http://www.spbenergo.com/talk/883-averianov.html.
 - 4. Электронный адрес: http://passivhaus.narod.ru/index-4.html.
 - 5. Электронный адрес: http://www.domouprav.ru/osedlaet-li-rossiya-energiyu-vetra.html.

- 1. V. N. Anufriev, N.A. Andreenko Manual Energy-saving in buildings.
- 2. Hershkowitz V.F., Energy-saving systems of residential buildings. Manual for designing, 2008. p.31.
 - 3. Email: http://www.spbenergo.com/talk/883-averianov.html.
 - 4. Email: http://passivhaus.narod.ru/index-4.html.
 - 5. Email: http://www.domouprav.ru/osedlaet-li-rossiya-energiyu-vetra.html.

УДК 620.075.8

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доцент кафедры отопления и вентиляции Т.В. Щукина Магистр кафедры отопления и вентиляции М.И.М. Абуаяш

м.и.м. Аоуаяш Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)271-28-92

e-mail:<u>Schukina.niki@yandex.ru</u>

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Cand. tech. sci., the prof. of chair of heating and ventilation T.V. Shchukina

The master of chair of heating and ventilation M.E.M. Abuaiash

Russia, Voronezh, tel. 8(473)271-28-92 e-mail: Schukina.niki@yandex.ru

Т.В. Щукина, М.И.М. Абуаяш

РЕСУРСНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Анализируется обеспеченность ресурсами для геотермальных электростанций на территории РФ и Палестины. Рассматриваются способы повышения эксэргитического потенциала скважин месторождений.

Ключевые слова: геотермальные источники, тепловая и электрическая энергия.

T.V. Shchukina, M.E.M. Abuaiash

RESOURCE POSSIBILITIES OF GEOTHERMAL POWER

Security by resources for geothermal power stations in territory of the Russian Federation and Palestin is analyzed. Ways of increase of an energy potential of chinks of deposits are considered.

Keywords: geothermal sources, thermal and electric energy.

Интенсивное потребление ресурсов, характерное для последних десятилетий, приводит к поиску новых экономически целесообразных возобновляемых источников энергии. Широкий выбор в альтернативном энергообеспечении при высокой активности геологических структур регионов сужается до использования геотермальных пароводяных смесей, имеющих достаточный эксэргитический потенциал для получения как теплоты, так и электроэнергии.

В ряде государств, имеющих месторождения такого качества, накоплен достаточный опыт продолжительной эксплуатации геотермальных источников. К безусловным лидерам в этой технологии энергообеспечения относятся Китай, Япония и США, крупные станции которых используют высокотемпературные термальные воды или сухой пар, добываемые в районах молодой вулканизации или термических аномалий.

Россия, входящая в первую десятку стран, где осуществляется утилизация геотермальных ресурсов, имеет кране низкие темпы наращивания мощностей производимой энергии. Для реализации программы эффективного использования теплоты подземных вод или скальных пород весьма перспективным является сотрудничество с палестинскими специалистами и предприятиями, активно ведущими работы, в том числе и научно-исследовательского характера, по альтернативному электро- и теплоснабжению отдельных сооружений и небольших поселений городского типа. Такое партнерство обуславливается так же и тем, что геологическая структура Камчатской области и Курильских островов имеет параметры близкие к диапазонам территории исторической Палестины (табл. 1) [1], которые позволяют внедрять бинарные и

комбинированные геотермальные электрические и тепловые станции. Благоприятными регионами с точки зрения обеспеченности геотермальной энергией в РФ также считаются Северный Кавказ, Дальний Восток, районы Чукотки и Магаданской области (табл. 2) [2]. Учитывая обширность территорий Российских месторождений и активность вулканических структур Палестины, открываются широкие возможности использования бинарных ГеоЭС блочного типа мощностью от 100 кВт до 12 МВт для районов, где имеются источники горячей воды.

Таблица 1 Прогнозируемые геотермальные ресурсы на территории Палестины

Место расположения источников	Прогнозируемый тепловой по-	Прогнозируемая
	ток при теплосъеме с 1 м ² по-	температура, °С, до
	верхности вулканической по-	
	роды, м \cdot Вт/м 2	
Побережье Мертвого моря	50	115
Район озера Кенерейта	60	90
На границе Палестины с Иорданией	460	175

Известно, что для выработки электроэнергии за счет геотермальной теплоты на применяемые турбины следует подавать пар с температурой не менее 110-125 °C [3]. Более высокая температура глубинных горячих источников при направлении добываемой водной среды в распределители приведет к получению высоких параметров пара, направляемого на лопатки турбин, что безусловно окажет существенное влияние на производство электроэнергии. Поэтому для проектирования геостанций следует иметь точные данные разведки высокотемпературных гидроресурсов.

Таблица 2 Прогнозы использования геотермальных ресурсов на 2015-2020 гг. по РФ

Прогнозные показатели	Традицион	ные районы	Новые районы			
энергоресурсов	Северный	Камчатская	Западная	Восточная	Дальний	
	Кавказ	обл.	Сибирь	Сибирь	Восток	
Оценочные ресурсы тыс.						
$M^3/\text{сут}$ (пар тыс. т/сут),						
при способе добычи:						
фонтанном (в режиме	542,1	358,6 (68)	750	250	200	
самоизлива)						
принудительном	922	450 (68)	1170	400	350	
на основе геоциркуля-						
ционной системы	2338	1200 (98)	42500	5500	3700	
Добыча термальной во-						
ды, млн. м ³ /год	51,9	40,0	20,0	7,8	9,5	
Отпуск теплопродукции,						
тыс. Гкал/год	2575	2000	800	390	475	
Объем замещения орга-						
нического топлива, тыс.	438	340	136	66	81	
т у.т./год						

Исследования тепловых режимов геологического разлома, включающего, в том числе, и территорию Палестины, показало, что температура геотермальных вод может быть определена в соответствии с выражениями [1, 3]

$$T = T_0 + h \cdot \Gamma_T, \tag{1}$$

$$T = -16.51213476 + 0.01826842109 \cdot h + 2.344936959 \cdot 10^{-6} \cdot h^2, \tag{2}$$

где T - температура на глубине h, °C;

 T_0 - температура поверхности земли, рекомедуется принимать равной 15 °C;

 Γ_T - градиент температуры приблизительно равный 0,05 °С/м;

h - глубина бурения скважины, м.

Зависимость (2) позволяет более точно определить температуру получаемого впоследствии пара, а, следовательно, и возможную мощность проектируемой станции. Но при мало изученной структуре месторождения оценку энергетической способности целесообразно проводить используя зависимость (1), имеющую меньшую достоверность и тем самым, охватывающую больший бассейн геотермальных ресурсов.

Подбор турбин и сопутствующего оборудования геотермальных станций напрямую зависит не только от температуры перегретой воды, но и ее давления на выходе из скважин. Отсутствие системных данных не позволяет выполнять ориентировочную оценку изменений этого параметра, что провоцирует проведение дальнейших исследований.

Необходимость геологических изысканий на территории РФ также обусловлена и получением статистических данных, обработка которых в конечном итоге позволит совершенствовать методы расчетов и проектирования геотермальных систем.

Не смотря на высокий уровень технологий извлечения геотермической энергии, ее ресурсы являются преимущественно локальным сырьем. Однако, благоприятные экологические показатели при колоссальных запасах месторождений и стремительное развитие технологии добычи обеспечивают перспективность строительства геотермальных станций при постепенном расширении географического расположения. Но, не зависимо от прогнозов необходимо уже сейчас больше проектировать и строить такие системы энергообеспечения, особенно для тех районов, где отсутствует бесперебойное снабжение традиционными ресурсами.

Библиографический список

- 1. http://hydropetrolenm.ru/conference/actual/ дата обращения 11.04.2013.
- 2. Eyal Shalev, Dov Levitte, Ran Gabay, Ezra Zemach. Assessment of Geothermal Resouces in Israel. Jerusalem: The Ministry of National Infrastructures Geological Survey of Israel, November 2008. 57 p.
- 3. X. Xie, K. K. Bloomfield, G. L. Mines, G. M. Shook. Design Considerations for Artificial Lifting of Enhanced Geothermal System Fluids. Idaho: Idaho National Laboratory Renewable Energy and Power Technologies Idaho Falls, July 2005 34 p.

- 1. http://hydropetrolenm.ru/conference/actual/ reference date 11.04.2013.
- 2. Eyal Shalev, Dov Levitte, Ran Gabay, Ezra Zemach. Assessment of Geothermal Resouces in Israel. Jerusalem: The Ministry of National Infrastructures Geological Survey of Israel, November $2008.-57~\rm p.$
- 3. X. Xie, K. K. Bloomfield, G. L. Mines, G. M. Shook. Design Considerations for Artificial Lifting of Enhanced Geothermal System Fluids. Idaho: Idaho National Laboratory Renewable Energy and Power Technologies Idaho Falls, July 2005 34 p.

УДК 721.011.1:697.7

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доцент кафедры отопления и вентиляции Т.В. Щукина Аспирант кафедры отопления и вентиляции С.А. Соловьев

Poccuя, г. Воронеж, тел. 8(473)271-28-92 e-mail:Schukina.niki@yandex.ru.

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Cand. tech. sci., the prof. of chair of heating and ventilation T.V. Shchukina
Post-graduate of chair of heating and ventilation S.A. Solovev
Russia, Voronezh, tel. 8(473)271-28-92

e-mail: Schukina.niki@yandex.ru.

Т.В. Щукина, С.А. Соловьев

УТИЛИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГОЗАМЕЩЕНИЯ НАГРУЗОК ЗДАНИЙ

Рассматривается более совершенное конструктивное исполнение теплового коллектора, дополнительно снабженного фотоэлектрическими преобразователями. Устройство позволяет не только вырабатывать электрический ток, но и обладает повышенным кпд процесса получения тепловой энергии.

Ключевые слова: солнечная энергия, тепловые коллекторы, фотоэлектрические преобразователи.

T.V. ShChukina, S.A. Solovev

RECYCLING OF SOLAR RADIATION FOR MULTIPURPOSE TO REPLACE POWER LOADSLOADINGS OF BUILDINGS

More perfect design of the thermal collector supplied with photo-electric converters is considered. The device allows not only to develop an electric current, but and possesses the raised efficiency of process of reception of thermal energy.

Keywords: a solar energy, thermal collectors, photo-electric converters.

Поступления солнечной радиации, наблюдаемые на большинстве территорий РФ особенно в теплый и переходный периоды года, позволяют ее преобразовывать и направлять как в виде тепловой, так и электрической энергии для снабжения малоэтажных зданий. Однако, уровень замещения традиционных источников при переходе на автономную эксплуатацию инженерных систем требует значительных площадей массивов тепловых коллекторов и солнечных батарей, что в свою очередь может привести к неоправданно высоким капитальным вложениям.

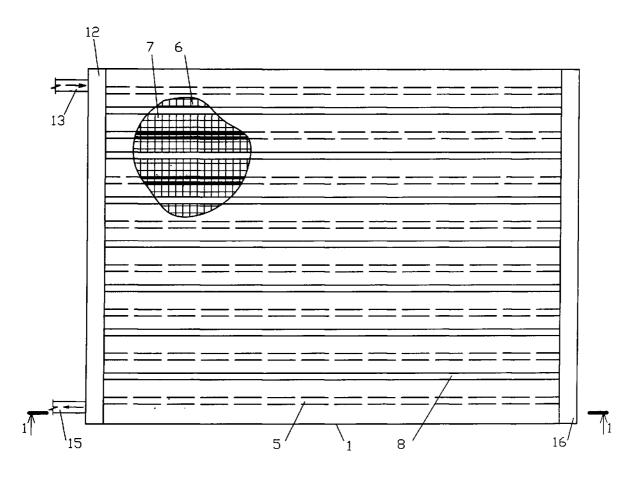
Применяемые технологии производства фотоэлектрических преобразователей пока еще не являются совершенными по ряду объективных причин, и поэтому позволяют создавать полупроводники с кпд не превышающим 25 %. Наряду с этим, длительная эксплуатация диодов сопровождается их деградацией в среднем на 0,8 % в год [1]. Такое падение рабочей способности происходит по двум основным причинам: осаждение пыли на поверхности и нагревание материала солнечным излучением. Кроме того, повышение температуры фотоэлектрических преобразователей снижает количество вырабатываемой электроэнергии [1].

Перечисленные негативные факторы могут быть в какой-то мере устранены, если процессы получения тепловой и электрической энергии осуществлять в одном техническом устройстве. Установка ограниченного числа фотоэлементов в плоских тепловых коллекторах, не снизит кпд последних, так как требуемое повышение кинетической энергии электронов вызывается в основном воздействием ультрафиолетового излучения, диапазон длин волн которого соответствует 10^{-3} до 0.38 мкм, а энергия электромагнитных волн видимого спектра (0.38 до 0.76 мкм) и инфракрасного (0.76 до 1 мм) затрачивается на нагревание поглощающих поверхностей [1]. Такое избирательное воздействие солнечного излучения позволяет осуществлять разные по физическому проявлению процессы утилизации в одном устройстве. Поэтому, чтобы снизить затраты на альтернативное энергообеспечение компенсировать два вида нагрузок зданий, была предложена следующая конструкция теплового коллектора с фотоэлементами (рис) [2].

Корпус 1 с тепловой изоляцией 2 многофункционального солнечного коллектора [2] покрыт светопрозрачным ограждением 3 и снабжен входным и выходным 15 патрубками. Теплоноситель по входному патрубку 13 поступает в впускную камеру 12, а затем в продольные полимерные трубки 8. Перемещаясь по полимерным трубкам, теплоноситель нагревается за счет передачи теплоты от металлических сеток 6, подвергаемых интенсивному воздействию солнечной радиации, прошедшей через прозрачное ограждение 3. Участки металлических сеток 9, расположенные в продольных полимерных трубках 8, турбулизируют теплоноситель, интенсифицируя теплообмен и тем самым вызывая рост его температуры. После продольных полимерных трубок 8, нагреваемая жидкость поступает через промежуточную камеру 16 в продольные металлические трубки 5 абсорбера 4. Часть солнечной радиации, не поглощенная элементами металлических сеток 6, попадает через ячейки 7 последних на абсорбер 4, где переходит в теплоту. Высокая теплопроводность металла абсорбера 4 обеспечивает беспрепятственную передачу полученной энергии к продольным металлическим трубкам 5 и к перемещающемуся в них теплоносителю. После чего нагретая жидкость поступает в выпускную камеру 14 и по выходному патрубку 15 направляется потребителю.

Солнечная радиация, преодолев прозрачное ограждение 3, попадает не только на металлические сетки 6 и абсорбер 4, но и на фотоэлектрические преобразователи 11, закрепленные на продольных полимерных трубках 8. Под воздействием излучения элементы 11 вырабатывают электроэнергию и нагреваются. Последнее оказывает негативное влияние на работу диодов, в том числе уменьшая полезную мощность. Но размещение фотоэлектрических преобразователей на поверхности трубок 8 обеспечивает их своевременное охлаждение за счет теплосъема избыточной энергии и передачи нагреваемому теплоносителю. При применении полимерных материалов для изготовления продольных трубок 8 достигается изоляция проводника тока от нагреваемого теплоносителя. Это обеспечивает безопасную эксплуатацию многофункционального солнечного коллектора.

Следует так же отметить, что в плоских солнечных коллекторах под светопрозрачным покрытием создается парниковый эффект не только за счет проникновения солнечной радиации и ее частичного отражения от поглощающей панели, но и в результате собственного излучения нагретых поверхностей. Размещение металлических сеток в корпусе устройства способствует устранению данного явления за счет уменьшения отражения и снижения собственного излучения в окружающую среду. Расположение в несколько слоев металлических сеток и незначительный размер их ячеек обеспечит наиболее полное улавливание солнечной радиации и сократит потери теплоты. Такое поглощение излучения позволит отказаться от дорогостоящих и технологически сложно исполняемых селективных покрытий для абсорбирующих поверхностей.



a

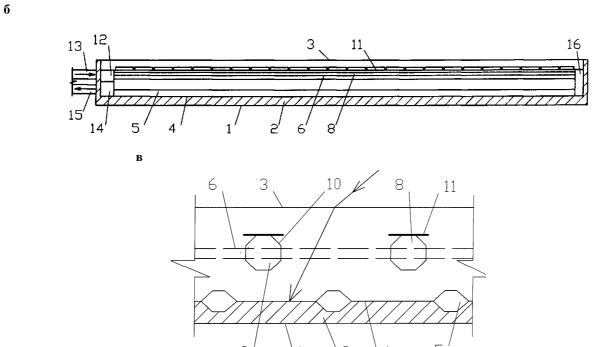


Рис. Солнечный тепловой коллектор с фотоэлектрическими преобразователями: a – вид сверху; б – продольный разрез; b – фрагмент поперечного разреза

Дополнительное снабжение коллектора полимерными трубками 8 и их последовательное соединение с продольными трубками 5 поглощающей панели 4 посредством промежу-

точной камеры 16 приводит к более длительному пребыванию теплоносителя в устройстве, тем самым создавая условия для увеличения времени контактирования с преобразованной солнечной энергией, что неизбежно приводит к его прогреву до более высоких температур. Заполнение теплоносителем продольных трубок 5, 8 и камер 12, 14, 16 повышает аккумулирующую способность солнечного коллектора.

Степень преобразования солнечного излучения в электрическую энергию для применяемых фотоэлементов можно оценить посредством максимальной эффективности в расчете на единицу их активной площади[3]

$$\eta_m = \frac{P_m}{P_m},\tag{1}$$

где P_m – максимальная мощность, отдаваемая на нагрузку, BT/M^2 ;

 P_{in} – мощность поступающего света на диод, $B_{T/M}^{2}$

или с учетом создаваемого напряжения U, B, и плотности получаемого тока J, A/M^2 выражение (1) имеет вид

$$\eta_m = \frac{U_m J_m}{P_{in}} \tag{2}$$

Вырабатываемая сила тока прямо пропорциональна плотности поступающего на фотопреобразователи солнечного излучения. Учитывая это свойство, для фиксирования ее значений следует иметь зависимость изменения прямой и рассеянной радиации по времени. Плотность излучения, $\mathrm{Br/m}^2$, попадающего на горизонтальную поверхность с достаточной точностью может быть аппроксимирована выражением

$$P_{S} = b_{I} - b_{2}(\tau - 12)^{2}, (3)$$

где b_1, b_2 – коэффициенты регрессии.

Так, например, для 48 $^{\circ}$ с.ш. в июле зависимость (3) можно записать в следующей форме

$$P_{\rm s} = 870.78 - 19.1(\tau - 12)^2 \tag{4}$$

Тогда мощность поступающего света на фотоэлектрические преобразователи с учетом прозрачности остекления (0,95) и размещения коллекторов под углом, равным широте местности, а также плотность получаемого тока будут равны

$$P_{in} = 0.95 \cdot R \cdot P_{S}, \tag{5}$$

$$J_{m} = \mu \cdot P_{in}, \tag{6}$$

где R — отношение количеств солнечной радиации, поступающих на наклонную и горизонтальную поверхности, определяемое по методике [4];

 μ - коэффициент пропорциональности.

Эмпирическая зависимость, достаточно точно описывающая изменения величины U_m , имеет вид [3]

$$U_{m} = U_{A} \ln \left(\frac{P_{in}}{U_{B} J_{0}} \right), \tag{7}$$

где J_0 – плотность обратного тока насыщения, BT/M^2 ;

 U_A , U_B – определяются по следующим выражениям

$$U_A = 2,2885 \cdot 10^{-2} - 139,9 \cdot 10^{-6} \ln J_0 - 2,5734 \cdot 10^{-6} (\ln J_0)^2, \tag{8}$$

$$U_{R} = 4,7253 - 0.8939 \ln J_{0} \tag{9}$$

С учетом выражений (4-7) эффективность фотоэлектрических преобразователей будет равна

$$\eta_{m} = \mu \cdot U_{A} \ln \left(\frac{0.95 R \left(b_{I} - b_{2} (\tau - 12)^{2} \right)}{U_{B} J_{0}} \right)$$
 (10)

Из выражения (10) следует, что повысить кпд применяемых диодов можно при увеличении облученности за счет использования дополнительных технических средств, достижении высоких показателей коэффициента пропорциональности, определяющего силу тока, и снижении плотности обратного тока насыщения. Последние два фактора можно изменить при дальнейшем совершенствовании структуры фотоэлектрических преобразователей.

Библиографический список

- 1. Филачев А.М., Таубкин И.И, Тришенков М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы. М.: Физика, 2007, 384 с.
- 2. Заявка на получение патента № 2012125107/06(038443) от 15.06.2012. Многофункциональный солнечный коллектор.
- 3. да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. Долго-прудный: Издательский дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ; 2010, 704 с.
- 4. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. І. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави и др.; Под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. 4-е изд., перераб. И доп. М.: Стройиздат, 1990, 344 с.

- 1. Filachev A.M., Taubin I.I, Trishenkov M. A. Solid-state photoelectronics. Physical bases. M: Physics, 2007, 384 sec.
- 2. The Demand for patent reception N_{2} 2012125107/06 (038443) from 15.06.2012. A multipurpose solar collector.
- 3. da Rose A. Renewed energy sources. Physicotechnical bases. Dolgoprudni: the Publishing house "Intelligence"; M: Publishing house MEI; 2010, 704 sec.
- 4. Internal sanitary-engineering devices. In 3 p. Ch I. Heating / V.N.Bogoslovsky, B.A.Krupnov, A.N.Skanavi, etc.; Under the editorship of I.G. Ctaroverov and J.I. Schiller. 4 Publishing house., the reslave. And additions. M: Stroyizdat, 1990, 344 sec.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 691.533

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доцент кафедры Строительных конструкций оснований и фундаментов Воронежского ГАСУ С.Н. Золотухин Магистрант второго года обучения по направлению «Строительство» А.А. Драпалюк\

Россия, г. Воронеж, тел.8 (951) 5523333 e-mail: aad.3333@yandex.ru

The Voronezh state architectural and construction university Cand. Tech. Sci., associate professor of Construction designs of the bases and bases of the Voronezh GASU S.N. Zolotukhin The undergraduate of the second year of training in the Construction direction A.A. Drapalyuk Russia, Voronezh, ph. 8 (951) 5523333 e-mail: aad.3333@yandex.ru

С.Н. Золотухин, А.А. Драпалюк

ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННОГО ОТХОДА ФОСФОГИПСА В СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ГИПСА НА ПРИМЕРЕ ОТХОДОВ ФОСФОГИПСА В Г. УВАРОВО, ТАМБОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Фосфогипс — отход производства фосфорной кислоты. Механическая активация основывается на технологии тонкого помола двуводного гипса. Появилось оборудование, позволяющее провести обработку материала более эффективным способом. Для создания пробных образцов возможно использовать существующее в г. Уварово производство плитки методом полусухого прессования на оборудовании линии «Рифей-Варяг», ИП «Нестеров». При подборе состава необходимо привести смесь к показателю рН приблизительно 7,5-8. Смесь будет неагрессивна по отношению к производственному оборудованию. На основании проведенного анализа делаем вывод, что исследуемое направление имеет большие перспективы. Экономическая эффективность подобного производства имеет двойной эффект, производство строительных материалов и утилизация химических отходов.

Ключевые слова: химические отходы двуводного гипса, строительные материалы, механогидрохимическая активация, тонкость помола.

S.N. Zolotukhin, A.A. Drapalyuk

PROCESSING OF TECHNOGENIC WITHDRAWAL OF THE PHOSPHITE IN THE CONSTRUCTION MATERIAL ON THE BASIS OF PLASTER ON THE EXAMPLE OF PHOSPHITE WASTE IN G. UVAROVO, THE TAMBOV REGION.

Phosphite – withdrawal of production of phosphoric acid. Mechanical activation is based on technology of a high milling of two-water plaster. There was an equipment, allowing to carry out material processing by more effective way. For creation of trial samples production of a tile by a method of moist pressing on the equipment of the Rifey Varyag line, SP "Nesterov" is possible to use existing in Uvarovo. At selection of structure it is necessary to lead a mix to an indicator pH about 7,5-8. The mix will be nonaggressive in relation to the production equipment. On the basis of the carried-out analysis we draw a conclusion that the studied direction has big prospects. Economic efficiency of similar production has double effect, production of construction materials and utilization of chemical waste.

Keywords: chemical waste of two-water plaster, construction materials, mechanohydrochemical activation, grinding subtlety.

На ряду с базовыми социальными проблемами в РФ остро стоит вопрос обеспечения экологической безопасности населения. Одной из проблем экологии являются отходы промышленного производства, которые не подвергаются дальнейшей утилизации, в связи с чем, понижают уровень экологической безопасности и разрушают природные системы. Одним из таких отходов является фосфогипс – отход производства фосфорной кислоты. Данная проблема коснулась непосредственно жителей г. Уварово, Тамбовской области, Центрально-Черноземного региона. В 1966 году в городе было создано крупное химическое предприятие. Химический завод являлся градообразующим предприятием. Решением суда в 1997 году признан банкротом и ликвидирован. Его закрытие крайне негативно отразилось на социально-экономическом положении города. К 2012 году население сократилось в полтора раза. А в наследие остались отвалы фосфогипса в городской черте в объемах порядка 16 млн. тонн. При сухом складировании в отвалах в газовую фазу выделяется около 10г фтора на 1т фосфогипса, примерно 10% фтора вымывается атмосферными осадками и попадает в водную среду. Налаживание производства по утилизации позволит создать новые рабочие места для г. Уварово.

В составе уваровского фосфогипса порядка 96% - $CaSO_4*2H_2O$, основные примеси – фосфорная кислота (H_3PO_4), плавиковая кислота (HF) и серная кислота H_2SO_4 . Главная проблема при переработке – наличие не отмытых кислот и примесей, входящих в структуру кристаллов гипса. Показатель pH=2,5. Примесь фосфора обычно увеличивает сроки схватывания и не полную гидратацию фосфогипса полугидрата. Нерастворимые примеси адсорбируются на поверхности кристаллов сульфатов кальция, входят в его решетку. Так же присутствие фтора или фосфора приводит к коррозии металлической или стекловолоконной арматуры. Основными направлениями переработки материала является удаление и нейтрализация примесей, понижение кислотности, улучшение прочностных характеристик и повышение устойчивости к агрессивным средам.

В настоящее время существует несколько десятков различных способов переработки и получения вяжущего из фосфогипса. По одной технологии фосфогипс нейтрализуют водными составами, затем фильтруют на барабанно-вакуумном фильтре и направляют в сушильную трубу.[4]. Затем варят в гипсоварочном котле.

«Knauf» (Германия) предлагает промывать, флотировать, фильтровать на вакуум-фильтрах, сушить, обжигать и молоть.

В Японии предлагают промывать, очищать, фильтровать на вакуум-фильтрах и подвергать скоростной сушке во взвешенном состоянии, а затем дегидратировать в больших гипсовых котлах.

По способу «Giulini» [5] при помощи непрерывного автоклава фосфогипс дегидратируется без стадии сушки. Сырье дважды фильтруется, и добавляются присадки, а затем отправляется в автоклав.

Были разработаны множественные патенты рассчитанные на наличие определенных примесей в исходном сырье (алюмо-фтористые).

Во всех перечисленных способах есть весомые недостатки: остается большое количество загрязненной воды, в свою очередь требующей утилизации.

Последние годы набирают популярность методы связанные с активацией – поиском путей максимального раскрытия энергетических возможностей и гидравлических свойств минеральных веществ при твердении паст[5]. Эти методы имеют хорошие перспективы т. к. являются безобжиговыми, но требуют дополнительных исследований и обоснований, а так же решения ряда спорных вопросов. Наиболее изученными являются механическая и химическая активация.

Механическая активация основывается на технологии тонкого помола двуводного гипса. Затворение водой такого порошка приводит к его перекристаллизации и схватыванию.

Увеличение тонкости помола приводит к ускорению реакции и повышению прочности, за счет более высокой растворимости тончайших фракций. Но использование для помола и активации шаровых мельниц делает процесс энергоемким и усложняет технологию. А если смесь будет иметь переизбыток влаги, то в процессе помола будут образовываться агрегаты на рабочих телах и стенках мельницы, что делает дальнейшее измельчение не возможным. Особого внимания заслуживает механическая активация путем прессования. Один из способов предусматривает прессование пластичной гипсовой смеси под давлением 10..15 МПа с одновременным удалением избытков воды. В этом случае гипсовая смесь обладает очень высокой поверхностью раздела фаз, возрастающей в начале процесса твердения, ввиду образования высокодисперсных частиц, что обуславливает значительный избыток поверхностной энергии в системе. Получаемый гипсовый камень обладает прочностью на сжатие до 50 МПа, плотность составляет 1960 кг/м³, водопоглощение не более 1 %. Общий объем пор ~ 15%. [7]

При химической активации различные авторы предлагают добавлять углекислый натрий, сернокислый кобальт, едкий натр, едкий калий, растворимый силикат натрия или растворимый силикат калия.[8-10]

Одной из наиболее удачных технологий является разработанная 90-е года в Воронежском ГАСУ. Был предложен метод безобжигового производства материалов и изделий из фосфогипса[1-3, 11]. На основе исследований были разработаны технические условия ТУ №40.25.01-91 «Камни бетонные стеновые» и ТУ 3989-90 «Плиты фосфогипсовые стеновые». Технологическая схема представлена на рис.1.

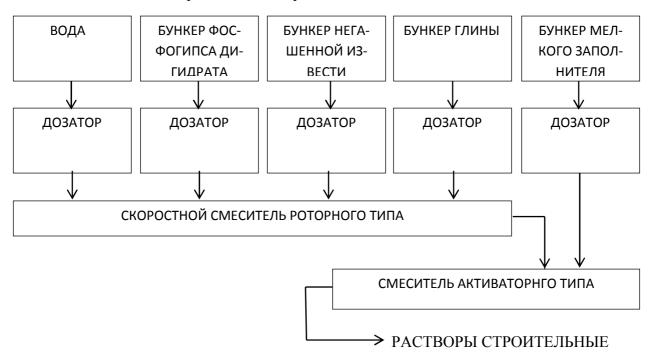


Рис. 1. Технологический процесс производства смесей из фосфогипса

Авторами технологии было предложено проводить механогидрохимическую активацию в скоростном смесителе роторного типа. Время скоростного перемешивания не превышало 120 с, так как проведенные ранее исследования в технологии полимерных композитов показали, что перемешивание в течение определенного времени, названного авторами «время активной жизни» межмолекулярных сил взаимодействия, позволяет получить материалы с максимальными прочностными показателями. За тем были сопоставлены результаты получить материалы

ченные по обычной технологии и технологии с применением скоростного перемешивания. Сравнение результатов испытаний приведено в таблице.

Таблица Сравнение результатов испытаний

		Прочность, МПа при					
NC-	Средняя плот-	Сжа	атии	Изгибе			
$N_{\underline{0}}$	ность, кг/м ³	По обычной	По технологии	По обычной	По технологии		
		технологии	скоростного технологии		скоростного		
			перемешивания		перемешивания		
1	1270	0,46	-	0,12	-		
2	1280	0,61	-	0,19	-		
3	1340	-	3,17	-	1,82		
4	1350	0,6	3,15	0,15	2,31		
5	1360	0,7	2,51	0,33	1,95		
6	1370	0,85	4,18	0,32	2,2		
7	1380	-	4,18	-	2,49		

Интенсивное перемешивание растворной смеси в скоростном смесителе позволило повысить плотность растворов в среднем на 1–2%, причем время перемешивания по обычной технологии составляло 300 с, а по интенсивной 120 с. При этом прочность при сжатии и изгибе возросла более чем в 3 раза. Кроме того, авторами было исследовано влияние добавления негашеной извести во время процесса перемешивания и активации. Добавка в количестве 3-8% от массы вещества приводит к ускорению процесса диспергации фосфогипса, что, в свою очередь, ускоряет процесс прохождения нейтрализации кислых примесей. При этом, сравнивая микрофотографии структур исходного (рис. 2) и активированного негашеной известью (рис. 3) фосфогипса дигидрата, можно сказать, что добавление негашеной извести приводит к переупаковке его частиц, и это позволяет без дополнительного помола повысить плотность и прочность композиционного материала на основе фосфогипса дигидрата.

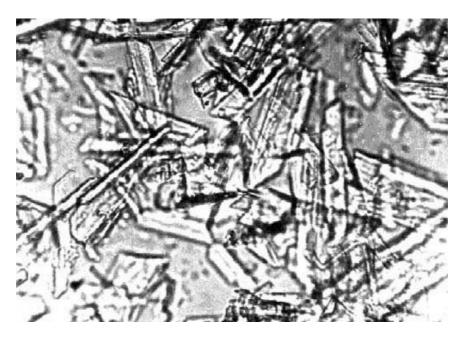


Рис.2. Кристаллы исходного фосфогипса дигидрата

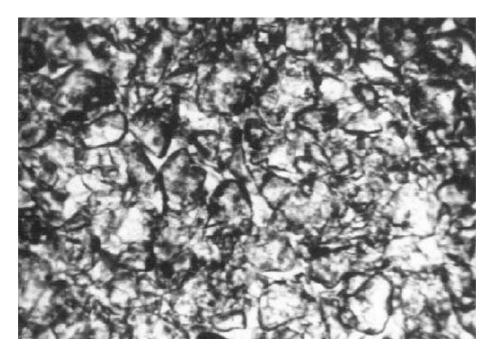


Рис. 3. Частицы фосфогипса дигидрата после механогидрохимической активации

Авторами статьи предлагается изменить технологию следующим образом: после активного скоростного перемешивания существует некоторый временно интервал, в течение которого освободившиеся связи еще не прореагировали. Возможно, что в случае, если в течение этого периода воздействовать на пасту давлением, связи могут соединиться между самими кристаллами фосфогипса. В этом случае материал будет менее гигроскопичным, гораздо более прочным и процесс производства будет наиболее экономически выгодным. В последнее время появилось оборудование, позволяющее провести обработку материала по данной технологии. Для создания пробных образцов возможно использовать существующее в г. Уварово производство плитки методом полусухого прессования на оборудовании линии «Рифей-Варяг», ИП «Нестеров». Оборудование, используемое на производстве, не требует доработок и конструктивных изменений.

При подборе состава необходимо привести смесь к показателю рН приблизительно 7,5-8. Смесь будет неагрессивна по отношению к производственному оборудованию. Первые результаты исследования позволят оптимизировать состав, сделать выводы по эффективности технологии.

На основании проведенного анализа делаем вывод, что исследуемое направление имеет большие перспективы. Мы планируем в ближайшее время произвести образцы и испытать их в лабораторных условиях. Проведенные исследования позволяют сделать оптимистичный прогноз, а востребованность в недорогих и качественных материалах позволит добиться серьезного отраслевого экономического эффекта. Данное исследование является трансцедентальным, и его положительный итог эффективно скажется как на экологии, так и на экономике города Уварово и Центрально-черноземного региона.

Библиографический список

- 1. Золотухин С.Н. Эффективные карбамидные полимербетоны для животноводческих помещений: Дис... канд. техн. наук. Воронеж, 1990г 178 с.
- 2. Шмелев Г.Д. Эффективные фосфогипсовые композиции для строительных изделий из многотоннажных техногенных отходов химического производства: Дис... канд. техн. наук. Воронеж ,1998г 256 с.

- 3. Семенов В.Н. Строительные растворы на основе фосфогипса и безобжиговой технологии: Дис... канд. техн. наук. Воронеж, 2002 –144 с.
- 4. Строительные материалы. Спарвочник. Под. ред. Болдырева А.А., Золотова П.П. М.: Стройиздат. 1989. 567 с.
- 5. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия. Зарубежный опыт. М.: Стройиздат. 1983. 201 с.
- 6. Золотухин С.Н. к вопросу о структурообразовании и технологии некоторых эффективных композиционных строительных материалов// Строительные материалы. 1993 №5 с. 26-28.
- 7. Ляшкевич И.М. Высокопрочные строительные материалы и изделия на основе гипса и фосфогипса.// Строительные материалы. 1985 №11 С. 10-11
- 8. А.с. №816990 СССР МКИ³ С 04 В 11/09. Сырьевая смесь для получения гипсового вяжущего./ М.Т. Ларионов, П.П. Марковский, Е.А. Фелахтова, В.И. Корнеев (СССР) №2779847/29-33: заявл. 13.06.79: опубл. 30.03.81; бюл. №12 2с., 2л.
- 9. А.с. №903334 СССР МКИ³ С 04 В 11/00. Способ получения гипсового вяжущего./ X.С. Воробьев, П.Ф. гордашевский, М.Е. Грановский, В.Е. Пасший, А.Б. Бинштейн, В.С. Дахновский(СССР) №2873269/29-33: заявл. 21.01.80: опубл. 07.02.82; бюл. №5 7с., 2л.
- 10. А.с. №1451118 СССР МКИ⁴ С 04 В 11/024. Вяжущее./ Чемоданов Д.И., Дубидзон Н.В. (СССР) №4141494/31-33: заявл. 03.11.86: опубл. 15.01.89; бюл. №02 2с., 2л.
- 11. Золотухин С.Н., Шмелев Г.Д., Семенов В.Н. Проектирование составов многокомпонентных растворных смесей.//Современные проблемы строительного материаловедения. Пятые академические чтения PAACH-1999г. с. 155-158.

- 1. Zolotukhin S. N. Effective carbamide polyconcrets for livestock rooms: Dis ... Cand.Tech.Sci. Voronezh, 1990 178 c.
- 2. Shmelev G. D. Effective fosfogipsovy compositions for construction products from large-tonnage technogenic waste of chemical production: Dis ... Cand.Tech.Sci. Voronezh, 1998 256 c.
- 3. Semenov V. N. Construction solutions on the basis of a phosphite and bezobzhigovy technology: Dis ... Cand.Tech.Sci. Voronezh, 2002 144 c.
- 4. Construction materials. Sparvochnik. Under. edition of Boldyrev A.A. Zolotov P.P. M: Stroyizdat. 1989 . 567 c.
- 5. H.S.Gipsovye's sparrows knitting and products. Foreign experience. M: Stroyizdat. 1983. 201 c.
- 6. Zolotukhin S. N. to a question of structurization and technology of some effective composite construction materials./Construction materials. 1993 No. 5 page 26-28.
- 7. Lyashkevich I.M. High-strength construction materials and products on the basis of plaster and phosphite.//Construction materials. 1985 No. 11 Page 10-11
- 8. Ampere-second. No. 816990 USSR MKI3 S 04 V 11/09. Raw mix for receiving plaster vyazhushchego./M.T.Larionov, P.P.Markovsky, E.A.Felakhtova, V.I.Korneyev (USSR) No. 2779847/29-33: . 13.06.79: . 30.03.81; bulletin No. 12-2c. 2 π .
- 9. Ampere-second. No. 903334 USSR MKI3 S 04 V 11/00. Way of receiving plaster vyazhushchego./H.S.Vorobyev, Item F. gordashevskiya, M.E.Granovsky, Century E. Grazing, A.B.Binstein, B.C. Dakhnovsky (USSR) No. 2873269/29-33: . 21.01.80: . 07.02.82; bulletin No. 5-7c. $2~\pi$.
- 10. Ampere-second. No. 1451118 USSR MKI4 S 04 V 11/024. Vyazhushchee./Chemodanov D.I., Dubidzon N. V. (USSR) No. 4141494/31-33: . 03.11.86: . 15.01.89; bulletin No. 02 2c. 2π.

11. Zolotukhin S. N., Shmelev G. D., Semenov V. N. Design of structures multicomponent rastvorny смесей.//Modern problems of construction materials science. The fifth academic readings RAASN – 1999 – page 155 – 158.

УДК 628.51

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет аспирант кафедры отопления и вентиляции А.В. Плотников

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-28-92

e-mail: kafedraov@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Post graduate of the heat and ventilation Dept. A.V.Plotnikov

Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-71-28-92

e-mail: <u>kafedraov@mail.ru</u>

А.В. Плотников

ОЧИСТКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ, СОДЕРЖАЩИХ ИНГРЕДИЕНТНЫЕ ПРИМЕСИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Представлены некоторые конструкции очистки вентиляционных выбросов от многокомпонентных пылегазовых смесей. Рассмотрен принцип работы установок. Определены их основные недостатки.

Ключевые слова: технологические выбросы, вентиляция, аппарат, эффективность, дисперсный состав, степень очистки.

A.V. Plotnikov

CLEANING OF THE VENTILATING AND TECHNOLOGICAL ATMOSPHERIC EMISSIONS CONTAINING INGREDIYENTNYE OF IMPURITY OF POLLUTING SUBSTANCES

Some designs of cleaning of ventilating emissions from multicomponent dust-gas mixes are presented. The principle of work of installations is considered. Their main shortcomings are defined.

Keywords: technological emissions, ventilation, device, efficiency, disperse structure, extent of cleaning.

Вентиляционные и технологические выбросы, как источники загрязнения атмосферы, содержат, как правило, несколько ингредиентов вредных веществ или одно вредное вещество, содержащее несколько фракций. Например, газовые выбросы гальванических производств могут содержать в одной вытяжной системе вентиляции хромовый ангидрид, пары серной, фосфорной или соляной кислот. Пылевые выбросы предприятий стройиндустрии содержат пыль различного дисперсного состава.

Для очистки таких выбросов применяется, как правило, несколько ступеней пыле газоулавливающих аппаратов, соединенных друг с другом последовательно.

При этом суммарная эффективность многоступенчатой пылегазоулавливающей установки должна быть не менее экологически требуемой, которая рассчитывается по формуле [1]

$$\varepsilon_{TP} \ge \frac{M_i - \Pi \mathcal{I} B_i}{M_i} 100\% \tag{1}$$

где Mi - фактическое количество загрязняющего вещества, выбрасываемого из источника загрязнений атмосферы, г/с;

 $\Pi \not \square Bi$ - предельно допустимый выброс загрязняющего вещества в атмосферу, г/с.

Суммарная степень очистки газов [2]

$$\varepsilon = 1 - (1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2)...(1 - \varepsilon_n)$$
 (2)

где $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_n$ - степень очистки газов соответственно в первом, втором и n-ом газоочистном аппарате.

Необходимая эффективность отдельных ступеней многоступенчатой системы очистки можно определить по формуле:

для двухступенчатой системы:

$$\varepsilon_{1,2} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 (1 - \varepsilon_1) \tag{3}$$

для трехступенчатой системы:

$$\varepsilon_{1,2,3} = \varepsilon_{1,2} + \varepsilon_3 (1 - \varepsilon_{1,2}) \tag{4}$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ - эффективность первой, второй и третьей ступени очистки.

В случае если выброс вредного вещества включает несколько фракций, то суммарная эффективность очистки газа определяется как сумма произведений фракционных эффективностей на массовые доли содержания частиц каждой фракции:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i M_i, \tag{5}$$

Применение многоступенчатой системы очистки, включающей несколько аппаратов, соединенных друг с другом последовательно, приводит к увеличению аэродинамического сопротивления системы вентиляции, а, следовательно, и увеличению энергоемкости.

Существуют устройства, позволяющие улавливать многокомпонентные примеси и пыль дисперсного состава в одном аппарате, позволяющие повысить эффективность очистки и одновременно существенно снизить энергозатраты и металлоемкость (рис.1,2) [1,3].

Устройство по очистке вентиляционных выбросов (рис.1), содержащих многокомпонентные примеси, содержит корпус 1, барабанный фильтрующий элемент в виде барабанов 2, камеру регенераций 3 с сегментными перегородками 4. Корпус 1 в средней части разделен вертикальными газонепроницаемыми перегородками 5, делящими корпус на отдельные отсеки. Барабаны 2 снабжены перфорированной стенкой 6, покрытой фильтрующим материалом 7. Смежные стенки 8 барабанов выполнены глухими, установлены с зазором 9 и соединены между собой цилиндрической вставкой 10. Полости барабанов 2, примыкающих к перегородке 5 сообщены между собой трубчатой вставкой 11.

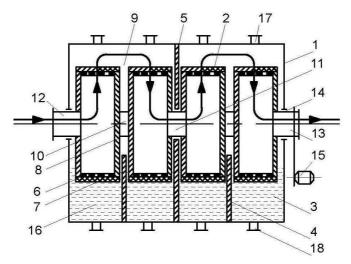


Рис.1. Устройство для очистки газовых выбросов, содержащих многокомпонентные смеси: 1 - корпус, 2 - барабан, 3 - камера регенерации, 4 - сегментные перегородки, 5 - газонепроницаемые перегородки, 6 - перфорированная стенка, 7 - фильтрующий материал, 8 - смежные стенки, 9 - зазор, 10 - цилиндрическая вставка, 11 - трубчатая вставка, 12 - входной патрубок, 13 - выходной патрубок, 14 - крепление, 15 - привод, 16 - отсеки с регенерирующей жидкостью, 17 - клапан, 18 - патрубок для удаления пыли

Устройство работает следующим образом. При включении привода 15 вращаются барабаны 2, что обеспечивает смачивание фильтрующего материала 7 сепарирующими жидкостями.

Загрязненный газ поступает через входной патрубок 12 внутрь крайнего барабана 2, фильтруется от одной примеси и направляется ко второму барабану, пересекает его фильтрующий материал и попадает внутрь этого барабана, освобождаясь от другой примеси. Далее газ через трубчатую вставку 11 входит в полость третьего барабана, где очищается от третьей примеси. Проходя через фильтрующий материал последнего барабана, очищается от четвертой примеси и по патрубку 13 поступает в атмосферу. Отсеки 16 заполнены разными регенерирующими жидкостями. Например, для улавливания паров аммиака можно применять воду, которую после насыщения аммиаком можно удалять из аппарата через патрубки 18 и использовать в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

Для очистки пылевых выбросов от пыли разного дисперсного состава предлагается пылеуловитель (рис 2), [1,4]. Данное устройство включает циклон 1 и фильтр с насадкой 2, выполненный из синтетических волокнистых жгутов, закрепленных между верхней решеткой 4 и нижней решеткой 5. С целью повышения эффективности очистки предусмотрена полусфера 9, размещенная в центре патрубка 7, прикрепленного к воронке 6 и снабженного кольцевым пригрузом 8.

При работе аппарата полусфера 9 вместе с решеткой 5 и штангой 10 поднимается вверх, синтетические жгуты уплотняются. Фиксация нижней решетки в верхнем положении, в случае снижения расхода газа, обеспечивается магнитным устройством 11.В циклоне улавливается пыль размером 10 мкн и более. В слое жгута происходит улавливания высокодисперсной пыли. Через патрубок 15 очищенные газы поступают в атмосферу.

Регенерация синтетических волокон (нитей)происходит после прекращения подачи газа через патрубок 14, после чего решетка 5 перемещается вниз, нити распрямляются и от резкого встряхивания очищаются от пыли, которая падает вниз и скапливается в нижней части циклона.

Собранная пыль удаляется через патрубок 16.

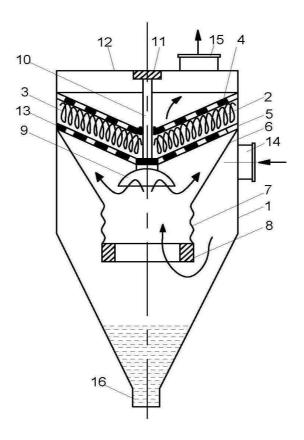


Рис. 2. Двухступенчатый пылеуловитель:

1 - корпус, 2, 3 - насадки фильтра, 4 - верхняя решетка, 5 - нижняя решетка, 6 - воронка, 7 - устье патрубка, 8 - пригруз, 9 - полусфера, 10 - штанга, 11 - магнитное устройство, 12 - часть корпуса, 13 - сепарирующие отверстия, 14 - патрубок входной, 15 - патрубок выходной, 16 - патрубок удаления пыли

Выводы

Применение рассмотренных аппаратов (рис.1, 2) в производстве позволяет снизить стоимость очистки, так как очистка выбросов от вредных веществ производится одним аппаратом вместо последовательной установки нескольких. При этом существенно сокращается площадь производственных помещений, занятая под газоочистные устройства.

В то же время, указанные конструкции не лишены недостатков. В частности, вносимое очистными устройствами аэродинамическое сопротивление увеличивает требуемую мощность вентиляционной установки, что ведет к повышенным затратам на электроэнергию.

С учетом вышеизложенного, считаю актуальным дальнейшие исследования по разработке новых высокоэффективных и экономичных конструкций очистных устройств с целью их широкого внедрения в производство.

Библиографический список

- 1. Полосин, И.И. Охрана атмосферы от выбросов промышленной вентиляции и котельных / И.И. Полосин // уч. пособие, Воронеж.- ВГАСУ.-2007-192 с.
- 2. Ужов, В.Н. Очистка газов мокрыми фильтрами / В.Н. Ужов, А.Ю. Вальдберг // Москва, изд-во «Химия».-1972.-247 с.
- 3. Полосин, И.И. Устройство для очистки газов. / И.И. Полосин, В.Е. Тройнин // авт.свво №1699537.- 1991.-6 с.
- 4. Полосин, И.И. Пылеуловитель / И.И. Полосин, В.Е. Тройнин // авт.св-во №15187559.-1989.-8 с.

- 1. Polosin, I.I. Protection of the atmosphere from emissions of industrial ventilation and boiler rooms / I.I. Polosin // study grant, Voronezh. VGASU. 2007-192 p.
- 2. Uzhov, V.N. Sanitation of gases wet filters / V.N. Uzhov, A.Y.Valdberg // Moscow, publishing house "Chemistry"-1972.-247 p.
- 3. Polosin, I.I. Device for purification of gases. / I.I.Polosin, V.E.Troynin // copyright certificate N 1699537. 1991. 6 p.
- 4. Polosin, I.I. Dust catcher / I.I.Polosin, V.E.Troynin // copyright certificate №15187559. 1989. 8 p.

УДК 711.4.01(711.7): 303.725.36

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Аспирант кафедры основ проектирования и архитектурной графики В. Г. Шевелев Россия, г. Воронеж, тел. +8 (960)105-99-96 e-mail: arch-haus@rambler.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Ph. D. student of Dept. of Design and Architectural Graphics V. G. Shevelev Russia, Voronezh, tel. +8 (960)105-99-96 e-mail: arch-haus@rambler.ru

В.Г. Шевелев

ПРИНЦИПЫ КОММУНИКАЦИОННОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕМЕНТОВ РЕКРЕАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

В статье рассмотрены базисные элементы системы озелененных территорий города, являющихся основой для формирования комфортной городской среды жизнедеятельности людей. Предложены основные принципы построения коммуникационного каркаса рекреационных пространств озелененных территорий, обеспечивающие целостное и устойчивое развитие экологической составляющей градостроительных систем.

Ключевые слова: город, озелененные территории, коммуникационный каркас, парк, сад, бульвар, сквер, полоса озеленения.

V.G. Shevelev

PRINCIPLES OF COMMUNICATION INTERRELATION OF ELEMENTS RECREATIONAL SYSTEM OF GREEN AREAS THE MODERN CITY

The article considers the basic elements of the system of green areas of the city, being the basis for the formation of a comfortable urban environment the life activity of the people. The basic principles of creation of a communication framework of recreational spaces of green areas providing a holistic and sustainable development of the ecological component of urban systems are proposed.

Keywords: city, green areas, communication framework, park, garden, boulevard, square, gardening strip.

В настоящее время проблемы экологии городских и сельских поселений приобретают особо важное значении в сфере вопросов, связанных с развитием градостроительных систем. Интенсификация процессов детериорации, особенно остро проявляющихся на территории городов, оказывает негативное влияние на экологическое состояние среды, в которой существует человеческое сообщество. Выбросы вредных веществ в атмосферу, насыщение почвы тяжелыми металлами, загрязнение водоемов, уничтожение зелененых насаждений — все это, в конечном счете, отрицательно сказывается на здоровье людей, живущих в городах. Необходимым условием решения данных проблем является формирование, развитие и сохранение экологической системы озелененных территорий города.

Городские парки, сады и вся система озелененных территорий современного города выполняют самые разнообразные функции, из которых наиболее важными являются: оздо-

ровление городского воздушного бассейна; улучшение микроклимата жилых районов и городов в целом; формирование садово-парковых архитектурно-ландшафтных ансамблей; создание благоприятной среды для массового отдыха населения городов. В последние десятилетия, характеризующихся неудержимым развитием автомобильного движения и вредного воздействия промышленности, роль зеленых насаждений в оздоровлении городской среды и воздушных бассейнов городов становится все более значительной [1]. Построение системы озелененных территорий, взаимосвязанной с транспортно-планировочной системой города, позволяет в значительной мере уменьшить влияние неблагоприятных факторов градостроительного развития населенных пунктов

Система озелененных территорий города состоит из составляющих ее элементов, различающихся по территориальному, функциональному и иерархическому признаку. Парки и сады жилых районов составляют малое структурное звено данной системы. Их расположение должно обеспечивать пешеходную доступность для населения по всей территории города. Более крупным звеном является парк районного значения. Его емкость рассчитана не менее чем на 10% населения города, а доступность (удаленность от жилых кварталов) соответствует расстоянию, преодолеваемому за 20 минут пешком. Парк общегородского значения — наиболее крупный зеленый массив является центральной частью сети парков города. Он предназначен для осуществления различных видов культурно - массовых и физкультурных мероприятий. Содержание и масштабы его деятельности носят общегородской характер. Немаловажное значение имеет доступность парка. Его размещают в таком месте, чтобы из разных жилых районов города можно было доехать до него общественным транспортом не более чем за 40 минут.

Важной характеристикой коммуникационных процессов, происходящих внутри вышеназванных озелененных пространств, является способ, которым осуществляется перемещение людей. Пространственная локомоция непосредственно связанна с процессом рекреации, отдыха находящихся там людей, передвижение которых происходит пешим способом или с помощью транспортных средств на мускульной силе. Скорость передвижения принимает минимальные величины, что соответствует рекреационному назначению данных территорий. Перемещение мото- и автотранспорта, имеющих высокие скоростные характеристики, на территории зеленых рекреационных пространств ограничено и имеет эпизодический характер.

Взаимосвязь между удаленными озелененными территориями осуществляется с помощью скоростных транспортных средств через пространственную локомоцию, происходящую в транспортно - планировочной системе города. Территории, находящиеся вдоль транспортных магистралей могут носить как коммуникационно — рекреационный, так и исключительно коммуникационный характер. По этим признакам к первой категории можно отнести сквер и бульвары, ко второй относятся зеленые насаждения, располагаемые вдоль магистралей, и не имеющие зон отдыха.

Бульвар – озелененная территория общего пользования вдоль магистралей, набережных в виде полосы, предназначенная для пешеходного транзитного движения и кратковременного отдыха. Сквер – озелененная территория общего пользования небольшого размера, являющаяся элементом оформления площади, общественного центра, магистрали, используемая для кратковременного отдыха и пешеходного транзитного движения [2].

Зеленые полосы, формируемые вдоль транспортных магистралей, помогают снизить негативные факторы воздействия транспортной системы как на состояние экологической среды города в целом, так и на человека в отдельности. Рост интенсивности движения городского транспорта неизбежно влечет за собой ухудшение шумового режима в городе. Транспортные средства создают около 80 процентов всех шумов, проникающих в места пребывания людей. Шум от городского транспорта в крупных городах может составлять 80-90 дБА. Формирование зеленых полос вдоль транспортных магистралей значительно сокращает зону шумового воздействия транспорта. Если на открытом пространстве шум распространяется до 800 метров каждую сторону от дороги, то при прохождении шума через озелененные территории расстояние негативного воздействия достигает 100 метров. Создание зеленых насаждений также значительно снижает уровень загазованности и запыленности воздуха.

Градостроительная организация озелененных территорий города, построение целостного коммуникационного каркаса рекреационных пространств города являются важной основой для развития демоэкологической системы города [3]. При рассмотрении озелененных территорий города с учетом происходящих в них коммуникационных процессов, то есть пространственной локомоции, осуществляемой людьми, основными принципами формирования системы рекреационных зеленых территорий являются принцип сложного единства, территориальной рассредоточенности, иерархической подчиненности и функциональной дифференциации.

Принцип сложного единства системы озелененных территорий связывает множество различных элементов данной системы в целостное пространство, объединенное общих коммуникационным каркасом. Применение данного принципа позволяет осуществлять пространственное перемещение между отдаленными территориями внутри системы зеленых насаждений.

Принцип территориальной рассредоточенности обуславливает доступность рекреационных пространств в любой точке градостроительной системы. Рассредоточенность зеленых насаждений позволяет создать благоприятные санитарно-гигиенические условия как вблизи жилой застройки, так и по всей территории города.

Принцип иерархической подчиненности подразумевает построение взаимосвязи элементов системы озелененных территорий в зависимости от их территориальнофункциональных показателей. Крупные и крупнейшие городские зеленые массивы оказывают непосредственное влияние на формирование структуры озелененных территорий и определяют направленность коммуникационных потоков внутри системы зеленых насаждений из близлежащих территорий.

Принцип функциональной дифференциации осуществляет взаимосвязь между коммуникационными каркасами транспортно-планировочной и рекреационной системой озелененных территорий. Соединение озелененных территорий, имеющих различные функции рекреации и коммуникации и различающихся по характеристикам коммуникационных процессов, протекающих в них, позволяет создать сложную целостную основу для формирования демоэкологической системы города.

Применение предложенных принципов построения коммуникационного каркаса озелененных территорий города в градостроительном проектировании обеспечивает целостное и устойчивое развитие экологической составляющей градостроительных систем, формирующей комфортную и благоприятную среду для жизнедеятельности людей.

Библиографический список

- 1. Авдотьин Л.Н., Лежава И.Г., Смоляр И.М. Градостроительное проектирование: Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1989.- 432с.
 - 2. ГОСТ 28329-89. Озеленение городов. Термины и определения.
- 3. Лаврик, Г. И. Методологические основы районной планировки. Введение в демоэкологию. Белгород: ОАО "Белгород. обл. тип.", 2007. 118 с.

- 1. Avdotyin L.N., Lezhava I.G., Smolyar I.M. Urban planning. M: Stroyizdat, 1989. 432 pp.
- 2. GOST 28329-89. Gardening of the cities. Terms and definitions.
- 3. Lavrik, G. I. Methodological bases of regional planning. Introduction in a demoekology. Belgorod, 2007, 118 pp.

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

УДК 621.878:620.93.001

Воронежский государственный архитектурно – строительный университет Канд. техн. наук, проф. кафедры строительной техники и инженерной механики Ю.М. Бузин Россия, г.Воронеж, тел. 8(473)271-01-29

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Cand. of techn. sci., prof. of the chair of structural and engineering mechanics Yu.M. Buzin Russia, Voronezh, tel. 8(473)271-01-29

Ю.М. Бузин

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ТРАКТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕССКОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрена энергетика функционирования технической системы на примере процесса разработки грунта землеройно-транспортной машиной (ЗТМ). Проанализирован процесс трансформации энергетического потока от зарождения его в двигателе до конвертации в разработанный грунт на рабочем органе ЗТМ. Обоснованы показатель и критерий эффективности функционирования технической системы «ЗТМ – грунт» в процессе разработки грунта.

Ключевые слова: техническая система, энергетический поток, землеройно-транспортная машина, разработка грунта, формула А. Эйнштейна $E=m\,C^2$, энергетический показатель процесса.

Yu.M. Buzin

ENERGY FLOW OF FUNCTIONING TECHNICAL SYSTEM

The article considers the energetics of functioning the technical system on the example of soil cutting process by an earth-moving machine (EMM). The process of transforming energy flow from its formation in the engine up to its convertation into the dug soil is analysed on the operating member of the EMM. The index and the criterion of the efficiency of functioning the technical system of «EMM – soil» are substantiated in the process of soil cutting. Some recommendations are given.

Keywords: technical system, energy flow, earth-moving machine, soil cutting, A. Einstein's formula $E=mC^2$, process energy index.

Работу любой машины необходимо рассматривать как процесс функционирования технической системы, где роль подсистем выполняют как сама машина, так и объект её функционирования. Для землеройно-транспортной машины (3TM) объектом функционирования служит грунт. Являясь элементом внешней среды, грунт в то же веем представляет для 3TM и рабочую среду, т.е. объект её функционирования.

Основой функционирования современных технических систем служит энергия, а именно – механическая.

3TM разрабатывает грунт в процессе движения со скоростью $v_{\rm д}(t)$ за счёт силы тяги $T_{\rm K}(t)$, развиваемой движителем и реализуемой на рабочем органе в разрабатываемый грунт в

виде тягового усилия $T_{\rm PO}(t)$, т.е. за счёт механической энергии $E_{\rm M.PO}(t)$ мощностью $N_{\rm PO}(t) = d \, E_{\rm M.PO}(t) / dt = T_{\rm PO}(t) \, v_{\rm II}(t)$.

Цель данного исследования исследовать энергетический тракт 3TM в процессе разработки ею грунта, проанализировать стадии трансформации энергетического потока, обосновать показатель и критерий эффективности данного процесса, что позволит оптимально реализовать энергетический потенциал данной технической системы.

Итак, процесс разработки грунта ЗТМ представляет собой процесс функционирования технической системы «ЗТМ – грунт», основой которого является энергия в виде энергетического потока (1) [1] от генерации механической энергии в двигателе до конвертации её в разработанный грунт рабочим органом

$$m_{\rm T}(t) => E_{\rm T}(t) => E_{\rm M,IIB}(t) => E_{\rm M,IIM}(t) => E_{\rm M,PO}(t) => m_{\rm TP}(t),$$
 (1)

где $m_{\rm T}(t)$ – масса углеводородного топлива, сжигаемая в двигателе в данный момент времени t, кг:

 $E_{\rm T}(t)$ – количество тепловой энергии, получаемое при сжигании в двигателе углеводородного топлива массой $m_{\rm T}(t)$ в данный момент времени, Дж;

 $E_{\rm M, ДB}$ – величина механической энергии, развиваемая на валу двигателя в данный момент времени, Дж;

 $E_{
m M.\Pi M}(t)$ – величина механической энергии, передаваемая от двигателя в передаточный механизм в данный момент времени за вычетом механической энергии $E_{
m M.OTE}(t)$, отбираемой на привод исполнительных механизмов управления рабочим органом $E_{
m M.HM}(t)$ и вспомогательных механизмов $E_{
m M.BM}(t)$, Дж;

 $E_{
m M.PO}(t)$ – величина механической энергии, подведённая от двигателя к рабочему органу с помощью передаточного механизма в данный момент времени и реализуемая непосредственно на разработку грунта, Дж;

 $m_{\Gamma P} (t)$ – масса грунта, разработанного ЗТМ в данный момент времени, кг.

При этом

$$E_{\text{M.\PiM}}(t) = E_{\text{M.ДB}}(t) - E_{\text{M.OTE}}(t);$$

$$E_{\text{M.OTE}}(t) = E_{\text{M.HM}}(t) + E_{\text{M.BM}}(t).$$
(2)

Таким образом, энергетический тракт функционирования технической системы «ЗТМ – грунт» включает в себя три последовательно реализуемые стадии энергетического потока (1): начальную преобразовательную в двигателе, где химическая энергия углеводородного топлива массой $m_{\rm T}(t)$ после сгорания через тепловую энергию $E_{\rm T}(t)$ переходят в механическую $E_{\rm M, MB}(t)$, т.е. $m_{\rm T}(t){=>}E_{\rm T}(t){=>}E_{\rm M, MB}(t)$; далее передаточную стадию $E_{\rm M, MB}(t){=>}E_{\rm M, MB}(t)$ с учётом отбора её части $E_{\rm M, OTL}(t)$ (2) передаётся через передаточный механизм, включающий трансмиссию, движитель и раму (тяговую или толкающую), соединяющую движитель с рабочим органом, к рабочему органу, где и конвертируется (окончательная преобразовательная стадия) в разработанный грунт массой $m_{\rm TP}(t)$ и объемом $V_{\rm TP}(t) = m_{\rm TP}(t)/c_{\rm TP}(t)$ с объёмная масса разработанного грунта, ${\rm T/M}^3$), т.е. $E_{\rm M, PO}(t){=>}m_{\rm TP}(t)$ или $V_{\rm TP}(t)$.

Академик Л. И. Седов [2] так определил понятие энергии: «Во всех физических теориях для всех физических объектов энергия – основная характеристика состояния и протекающих процессов». Т.е. энергия является однозначным показателем состояния материальной системы – системообразующим фактором.

При распространении волн упругой деформации в сплошном твёрдом теле происходит передача энергии без переноса вещества рабочей среды, т.е. энергия распространяется вместе с волной [3]. Энергия волны в упругой среде состоит из кинетической энергии совершающих колебания частиц вещества (рабочей среды) и из потенциальной энергии упругой деформации рабочей среды передаточного элемента. Итак, энергия бегущей волны не остаётся локализованной: она перемещается вместе с волной со скоростью C_E . В этом случае вводятся понятия **плотности энергии** $\mathbf{c}_E = E/V_{PC}$, т.е. количества энергии E в единице объёма рабочей среды V_{PC} , и **плотность потока энергии** $\mathbf{c}_E = \mathbf{c}_E \ C_E$, равной произведению плотности энергии \mathbf{c}_E на скорость её перемещения C_E . При этом **поток энергии** Φ_E , переносимый бегущей волной за единицу времени через произвольную площадь S передаточного элемента, перпендикулярную направлению распространения волны, будет равен [3]

$$\Phi_E = \mathbf{c}_E \ C_E \mathbf{S} \left(\frac{\mathcal{A} \mathcal{H}}{M^3} \cdot \frac{M}{c} M^2 = \frac{\mathcal{A} \mathcal{H}}{c} = Bm \right) = N_E.$$
 (3)

Т.е. поток энергии $\Phi_{\scriptscriptstyle E}$ представляет собой мощность энергии $N_{\scriptscriptstyle E}$, переносимой бегущей волной.

Тогда величина

$$c_{\overline{E}} = \Phi_E / S = N_E / S \tag{4}$$

будет представлять собой энергию E, переносимую в единицу времени t (это уже мощность энергии $N_E = E/t$) через единичную площадь S, перпендикулярную направлению перемещения волны.

Входной координатой процесса функционирования технической системы «ЗТМ – грунт» (1) является масса энергоносителя $m_{\rm T}(t)$, а выходной – масса разработанного грунта $m_{\rm TP}(t)$, которые связаны между собой потоком энергии E(t) с параметрами C_E , $\Phi_E = N_E$, \mathbf{c}_E , \mathbf{c}_E .

Таким образом, в основе процесса функционирования технической системы, в том числе и системы «3TM – грунт», лежат процессы преобразования m <=> E.

А. Эйнштейн пришёл к фундаментальному выводу: общая энергия тела (системы тел) из каких бы видов она ни состояла (кинетической, электрической, химической и т.д.) связана с массой этого тела соотношениями $E=mC^2$ [4]. Эта формула выражает один из наиболее фундаментальных законов природы — закон взаимосвязи (пропорциональность) массы m и полной энергии E тела. Масса тела, которая в нерелятивистской механике выступала как мера инертности (во втором законе Ньютона) или как мера гравитационности действия (в законе всемирного тяготения) теперь выступает в новой форме — как мера энергосодержания тела.

Согласно теории относительности нет существенного различия между массой и энергией. Энергия имеет массу, а масса представляет собой энергию [5].

Масса m и энергия E, как доказано современной физикой, связаны неразрывно. Они всегда выступают вместе, при необходимости заменяя друг друга. Наблюдаются как переходы $m \rightarrow E$, так и обратные $E \rightarrow m$ [6].

Как утверждает уравнение $E=mC^2$ [7]: «E» может превращаться в «m», а «m» в «E». Число «C» есть просто — напросто коэффициент преобразования, показывающий как работает эта связь. А. Эйнштейн установил, что энергия и масса могут «естественным» образом переходить одна в другую, а связывающим их коэффициентом преобразования является «C». Масса является просто конечным видом сконденсированной или сконцентрированной энергии. И наоборот: энергия — это то, что при правильных условиях изливается из массы. Рассуждения привели А. Эйнштейна к выводу о том, что масса и энергия едины. При определённых обстоятельствах физическое тело должно приобретать способность выделять энергию, производя её из собственной массы.

Согласно принципу относительности [4], все законы природы должны быть инвариантны по отношению к инерциальным системам отсчёта. Другими словами математические формулировки законов должны иметь один и тот же вид во всех этих системах отсчёта. В частности, это относится и к законам механики, так как специальная теория относительности (СТО), которая строится для инерциальных систем отсчёта, рассматривает классическую (нерелятивистскую) механику как частный случай.

На основании вышеизложенного, можно дать следующую интерпритацию формуле А. Эйнштейна $E=mC^2$ применительно к задачам классической механики: формула $E=mC^2$ связывает массу тела (системы тел) m с его энергией E через скорость C протекания процессов преобразования m<=>E.

Так, например, тело массой m, движущееся со скоростью v, приобретает кинетическую энергию $E_{\rm K}=m\,C_{\rm K}^2$, где скорость процесса преобразования $m=>E_{\rm K}$ будет равна $C_{\rm K}=v/\sqrt{2}$, т.е. $E_{\rm K}=m\,v^2/2$ как устанавливает классическая механика. А тело массой m, поднятое на высоту h, приобретает потенциальную энергию $E_{\rm \Pi}=m\,C_{\rm \Pi}^2$, где скорость процесса преобразования $m=>E_{\rm \Pi}$ будет равна $C_{\rm \Pi}=\sqrt{qh}$ (где q — гравитационное ускорение), т.е. $E_{\rm \Pi}=mgh$ как устанавливает классическая механика. $E_{\rm K}$ и $E_{\rm \Pi}$ характеризуют способность тела массой m совершать работу при изменении своего механического состояния.

Структура формул $E_{\rm K}$ и $E_{\rm \Pi}$ в рамках классической механики полностью соответствует формуле А. Эйнштейна $E{=}mC^2$, что подтверждает её фундаментальность.

Для данной ЗТМ, режима её работы и конкретного грунта все три компоненты $m_{\rm T}(t)$, $E_{\rm M.i}(t)$, $m_{\rm \Gamma P}(t)$ энергетического потока (1) эквиваленты друг другу в соответствии с законом сохранения энергии, а в соответствии с принципами системотехники, должны быть отражены единым физическим законом, их связывающим. Таким законом является закон А. Эйнштейна (закон взаимосвязи — пропорциональности массы и энергии тела), отображающийся формулой $E=mC^2$ и её инвариантами [8].

Преобразовательную стадию энергетического потока (1) в двигателе $m_{\rm T}(t) => E_{\rm T}(t) => E_{\rm MJB}(t)$ представим следующей инвариантой формулы А. Эйнштейна [8].

$$E_{\text{M},\text{ДB}}(t) = E_{\text{T}}(t) \quad o_{\text{ДB}} = m_{\text{T}}(t) \quad C_{\text{T}}^{2} o_{\text{ДB}} = m_{\text{T}}(t) \quad C_{\text{ДB}}^{2};$$

$$C_{\text{ДB}}(t) = C_{\text{T}} \sqrt{o_{\text{ДB}}}; C_{\text{T}} = \sqrt{H_{\text{H}}},$$
(5)

где $C_{\rm ДВ}$ - скорость протекания в ДВС процесса преобразования $m_{\rm T}(t) => E_{\rm M, ДВ}(t)$, т.е. преобразования химической энергии углеводородного топлива массой $m_{\rm T}(t)$ через тепловую энергию величиной $E_{\rm T}(t)$ в механическую величиной $E_{\rm M, ДВ}(t)$, м/с;

 $C_{\rm T}$ — скорость протекания теплового процесса в ДВС, связанного с преобразованием $m_{\rm T}(t) => E_{\rm T}(t)$, м/с;

 $o_{\rm ДB} = _{3_i} _{3_{\rm M}}$ - коэффициент, учитывающий «потери» в двигателе тепловой энергии — индикаторные (тепловые) через КПД $_{3_i}$ и механические через КПД $_{3_{\rm M}}$;

 $H_{\rm H}$ – удельная теплота сгорания (плотность энергии) топлива Дж/кг.

Для дизеля с $H_{\text{и}}$ = 42,5·10⁶ Дж/кг; _{3 м}=0,8; _{3 i}=0,4 – имеем C_{T} =6520 м/с и $C_{\text{дв}}$ =3688 м/с.

Преобразовательную стадию энергетического потока (1) на рабочем органе при конвертации механической энергии в разработанный грунт $E_{\text{M.PO}}(t) => m_{\text{ГР}}(t)$ представим следующей инвариантой формулы А. Эйнштейна [8]:

$$m_{\Gamma P}(t) = E_{\text{M.PO}}(t) / C_{\Gamma P}^{2};$$

$$C_{\Gamma P} = \sqrt{K_{\text{K}}/c_{\Gamma P}},$$
(6)

где $C_{\Gamma P}$ - скорость протекания процесса преобразования $E_{M,PO}(t) => m_{\Gamma P}(t)$, м/с;

 $K_{\rm K}$ — удельное сопротивление грунта копанию, H/м² (Па) ;

 $c_{\text{гр}}$ - удельная масса (плотность) вырезаемого грунта в рабочей среде, кг/м³.

При копании 3TM непрерывного действия (автогрейдером) суглинистого грунта с K_{κ} =300 кПа и с $_{\Gamma P}$ = 1,8 т/м 3 имеем $C_{\Gamma P}$ =13 м/с.

Элементами передаточного механизма являются дискретные твёрдые сплошные тела, по которым на рабочем режиме распространяются бегущие волны упругих деформаций; переносящие механическую энергию от двигателя к рабочему органу ЗТМ в виде энергетического потока $E_{\text{M.IIM}}(t) => E_{\text{M.PO}}(t)$ с учётом гистерезисных и диссипативных явлений. В этом случае скорость C_E процесса передачи механической энергии, в соответствии с формулой А. Эйнштейна, определяется следующим инвариантом [8]

$$C_E = \sqrt{E_{\rm M}/m_{\rm PC}} \,, \tag{7}$$

где C_E – скорость передачи механической энергии по соответствующему элементу передаточного механизма, м/с;

 $E_{\rm M}$ – передаваемая механическая энергия, Дж;

 $m_{\rm PC}\,$ – масса рабочей среды элемента, по которому передаётся энергия, кг.

Как было отмечено в [3] энергия распространяется вместе с бегущей волной (продольной или поперечной) упругих деформаций рабочей среды элементов передаточного механизма со скоростью C_{v} , т.е.

$$C_{E} = C_{v};$$

$$C_{v \text{ ПРОД}} = \sqrt{E_{V}/c_{PC}};$$

$$C_{v \text{ ПОП}} = \sqrt{G/c_{PC}},$$
(8)

где $C_{v \text{ прод}}$, $C_{v \text{ поп}}$ – скорости распространения продольной и поперечной волны упругих деформаций, м/c;

 $E_{\rm y}$ – модуль упругости рабочей среды элемента, H/м² =Па;

G – модуль сдвига рабочей среды элемента, $H/M^2 = \Pi a$;

 $c_{\, PC}\, -$ плотность рабочей среды элемента, кг/ ${\rm M}^3$.

Для элементов передаточного механизма из стали с параметрами E_y =2,1·10¹¹ Па, G =8·10¹⁰ Па и с $_{\rm PC}$ =7,8 т/м 3 имеем $C_{\nu.\Pi {\rm POJ}}$ = 5189 м/с и $C_{\nu.\Pi {\rm OH}}$ = 3200 м/с.

В выражении (7) перейдём от величины передаваемой механической энергии $E_{\rm M}$ и массы $m_{\rm PC}$ рабочей среды элемента, по которому передаётся энергия, к их плотностям с $_E=E_{\rm M}$ / $V_{\rm PC}$ и с $_{\rm PC}=m_{\rm PC}$ / $V_{\rm PC}$. Тогда получим

$$C_E = \sqrt{c_E/c_{PC}} \ . \tag{9}$$

Формулы (7),(8),(9) идентичны, что подтверждает фундаментальность формулы А. Эйнштейна через её инвариант (7).

При этом

Т.е. выражение (10) позволяет утверждать, что модули упругости $E_{\rm y}$, и сдвига G сплошного твёрдого тела представляют собой плотность механической энергии ${\rm c}_E$ бегущей волны упругой деформации, т.е. величину механической энергии (работы) $E_{\rm M}$, затрачиваемую на деформацию единицы объёма $V_{\rm PC}$ рабочей среды.

Упругая деформация в виде бегущей волны перемещается со скоростью как твёрдое тело [9]. Параметром потока (1) является энергия E.

В механическом движении энергия E характеризует силовые действия в пространстве (Дж= $H\cdot M$), т.е. способность совершать работу, а мощность N характеризует силовое действие в пространстве и времени ($B\tau=Дж/c=H\cdot M/c$). При этом мощность по физической сущности представляет собой энергетическое воздействия в единицу времени N=dE/dt, т.е. её интенсивность.

Разработка грунта ЗТМ осуществляется в пространстве и времени, поэтому функционирование технической системы «ЗТМ – грунт» необходимо рассматривать в виде энергетического процесса, представляющего собой пространственно – временную силовую конфигурацию. Для этого продифференцируем энергетический поток (1) по текущему времени процесса

$$G_{\rm T}(t) => N_{\rm T}(t) => N_{\rm IIB}(t) => N_{\rm IIM}(t) => N_{\rm PO}(t) => \Pi_{\rm T}(t),$$
 (11)

где $G_{\rm T}(t) = d \, m_{\rm T}(t) / dt$ — величина подачи энергоносителя (топлива) в двигатель, кг/ч;

 $N_{\rm T}(t) = d \, E_{\rm T}(t)/dt$ — мощность тепловой энергии при сгорании в двигателе углеводородного топлива с величиной подачи $G_{\rm T}(t)$,Вт;

 $N_{\rm дB}(t) = dE_{\rm M, дB}(t)/dt$ — эффективная мощность механической энергии, развиваемая двигателем на выходном валу, Вт;

 $N_{\rm \Pi M}(t) = d \, E_{
m M.\Pi M}(t) / dt$ — мощность механической энергии, передаваемой от двигателя в передаточный механизм с учётом отбора её части $N_{
m дв. OTE}(t) = d \, E_{
m M.OTE}(t) / dt$, Вт;

 $N_{\rm PO}(t)$ = $d\,E_{\rm M.PO}(t)/dt$ — мощность механической энергии, подведённая от двигателя через передаточный механизм к рабочему органу для разработки грунта, Вт;

 $\Pi_{\rm T}(t) = d\,m_{\rm T}(t)/dt$ — техническая производительность ЗТМ при разработки грунта, т/ч или $\Pi_{\rm T}(t) = dV_{\rm \GammaP}(t)/dt = (1/c_{\rm \GammaP})(d\,m_{\rm \GammaP}(t)/dt)$, м³/ч — количество грунта, разработанного в единицу времени.

Так как процесс разработки грунта ЗТМ представляет собой процесс функционирования технической системы «ЗТМ – грунт», а основой его является энергия в виде энергетического потока (1) и процесса (11), то показатель его эффективности должен быть энергетическим и надсистемным.

Эффективность системы – это нормированный к затратам ресурсов результат действия системы на определённом интервале времени [10]. Т.е. эффективность – это результативность.

Для ЗТМ результатом её функционирования является количество разработанного грунта массой $m_{\Gamma\Gamma}(t)$ (т) или объёмом $V_{\Gamma\Gamma}(t)$ (м³) с технической производительностью $\Pi_{\Gamma}(t)$ (т/ч или м³/ч), а оперативным затратным ресурсом – расход энергоносителя (топлива) $m_{\Gamma}(t)$ (кг) с величиной подачи в двигатель $G_{\Gamma}(t)$ (кг/ч). Так как $G_{\Gamma}(t)$ и $\Pi_{\Gamma}(t)$ являются одновременно эксплуатационными показателями ЗТМ и координатами энергетического процесса (11) системы «ЗТМ – грунт», то в качестве показателя эффективности принят надсистемный энергетический показатель процесса $\Theta_{\Pi}(t)$ [1]

$$\Theta_{\Pi}(t) = \Pi_{T}(t) / G_{T}(t)$$
 (м³/кг или т/кг), (12)

который характеризует количество грунта (M^3 или T), разработанного на единицу массы ($K\Gamma$) затраченного энергоносителя.

Являясь отношением выходной координаты энергетического процесса к входной, энергетический показатель процесса функционирования технической системы «ЗТМ – грунт» представляет собой мультипликативную функцию

$$\mathfrak{S}_{\Pi}(t) = \prod_{i=1}^{n} \mathfrak{S}_{\Pi,i}(t), \tag{13}$$

где $\Theta_{\Pi,i}(t)$ - энергетический показатель i – го функционального элемента (подсистемы) системы «ЗТМ – грунт» в данный момент времени t.

Для двигателя $\Theta_{\Pi, \Pi, B}(t) = N_{\text{дB}}(t)/G_{\text{T}}(t);$ механизма отбора мощности $\Theta_{\Pi, \text{ОТБ}}(t) = N_{\text{ПМ}}(t)/N_{\text{дB}}(t) = 1 - N_{\text{дв.ОТБ}}(t)/N_{\text{дв}}(t);$ передаточного механизма $\Theta_{\Pi, \Pi, M}(t) = N_{\text{PO}}(t)/N_{\text{ПМ}}(t);$ процесса взаимодействия рабочего органа с грунтом $\Theta_{\Pi, \Pi, P}(t) = \Pi_{\text{T}}(t)/N_{\text{PO}}(t);$ землеройно-транспортной машины $\Theta_{\Pi, \text{ЗТМ}}(t) = N_{\text{PO}}(t)/G_{\text{T}}(t) = \Theta_{\Pi, \text{ДВ}}(t)$ $\Theta_{\Pi, \text{ОТБ}}(t)$ $\Theta_{\Pi, \text{ПЛМ}}(t);$ системы «ЗТМ – грунт» $\Theta_{\Pi}(t) = \Pi_{\text{T}}(t)/M_{\text{C}}(t) = \Theta_{\Pi, \text{ЗТМ}}(t) \times \Theta_{\Pi, \text{ПР}}(t).$

На установившемся режиме функционирования системы «ЗТМ – грунт»

Критерий эффективности

$$\Theta_{\Pi}(t) \rightarrow max$$
(12)

характеризует максимальное количество грунта (готовой продукции) разработанного ЗТМ на единицу затраченного энергоносителя.

Исходя из свойства мультипликативной функции можно утверждать, что $\Im_{\Pi}(t) \to max$ при $\Im_{\Pi,i}(t) \to max$. Т.е. единство локальных $\Im_{\Pi,i}(t) \to max$ и глобального $\Im_{\Pi}(t) \to max$ критериев является основополагающим принципом функционирования системы «ЗТМ — грунт».

Критерий $\ni_{\Pi}(t) \to max$ является интегральным и включает в себя все критерии, используемые в настоящее время в теории ЗТМ (к ним относятся: $N_{\text{ДВ}}(t)$, $N_{\text{PO}}(t)$, $\Pi_{\text{T}}(t) \to max$ и $G_{\text{T}}(t) \to min$).

Управляемым параметром процессов преобразований m <=> E является, согласно формулы А. Эйнштейна, скорость C.

Процесс преобразования в двигателе $G_{\rm T}(t) => N_{\rm T}(t)$ необходимо вести с большей скоростью $C_{\rm T}$, что позволит для исходной массы энергоносителя $m_{\rm T}(t)$ с величиной подачи его в двигатель $G_{\rm T}(t)$ получить при его сгорании в ДВС большую тепловую энергию $E_{\rm T}(t)$ с текущей мощностью $N_{\rm T}(t)$. Процесс преобразования $N_{\rm PO}(t) => \Pi_{\rm T}(t)$ на рабочем органе необходимо так организовать, что бы для его реализации требовалась меньшая скорость $C_{\rm TP}$, например, путём снижения сопротивления грунта копанию $K_{\rm K}(6)$. Это позволит при исходной величине механической энергии на рабочем органе $E_{\rm M.PO}(t)$ с текущей мощностью $N_{\rm PO}(t)$ разработать большее количество грунта массой $m_{\rm TP}(t)$ или объёмом $V_{\rm TP}(t)$ с текущей производительностью $\Pi_{\rm T}(t)$. В передаточном механизме процесс передачи энергии $E_{\rm M.IIM}(t) => E_{\rm M.PO}(t)$ и $N_{\rm IIM}(t) => N_{\rm PO}(t)$ необходимо вести с минимальными потерями $\Delta E_{\rm M}(t) = E_{\rm M.IIM}(t) - E_{\rm M.PO}(t) \rightarrow min$ и $\Delta N(t) = N_{\rm IIM}(t) - N_{\rm PO}(t) \rightarrow min$, т.е. с более высокими плотно-

стью \mathbf{c}_E , скоростью C_E и плотностью потока энергии $\mathbf{c}_{\overline{E}}$, а на установившемся режиме работы при более высоком КПД передаточного механизма з $_{\Pi \mathrm{M}}$.

Выводы

- 1. Процесс разработки грунта землеройно-транспортной машиной представляет собой техническую систему «ЗТМ грунт».
- 2. Основой функционирования технической системы «ЗТМ грунт» служит энергетический поток (1), который при прохождении от зарождения в двигателе до реализации на рабочем органе в разработанный грунт в своём тракте происходит две преобразовательные и передаточную стадии.
- 3. Эти стадии энергетического тракта могут быть представлены формулой А. Эйнштейна $E = mC^2$ и её инвариантами.
- 4. В качестве показателя и критерия эффективности функционирования технической системы «ЗТМ грунт» предложен надсистемный энергетический показатель $\Theta_{\Pi}(t) = \Pi_{T}(t)/G_{T}(t) \rightarrow max$, связывающий выходную и входную координаты энергетического процесса системы.
- 5. В качестве управляющего параметра стадиями трансформации энергетического потока рассмотрена скорость C процессов преобразований m <=> E и даны соответствующие рекомендации по повышению эффективности функционирования технической системы «3TM-грунт».
- 6. Т.к. функционирование технической системы происходит в пространственно временной силовой конфигурации (11) с передачей механической энергии в виде её мощности, то нагруженность элементов передаточного механизма следует определять не по плотности энергии с $_E = E/V_{\rm PC}$ (Дж/м 3 =H·м /м 3 = H /м 2 =Па) через напряжения (нормальные у и каса-

тельные ф, H /м²=Па), а по плотности потока энергии $c_{\overline{E}} = c_E C_E \left(\frac{\mathcal{J}_W}{M^3} \cdot \frac{M}{c} = B_T/M^2 \right) =$

- $=N_{E}/S$, т.е. через текущую мощность энергии, проходящую через единицу площади расчётного сечения элемента.
- 7. На основании критерия эффективности $\Im_{\Pi.max}$ разработан способ управления процессом копания грунта землеройно-транспортной машины и устройства для его осуществления (патент 2232234 РФ)

Библиографический список

- 1. Бузин Ю. М. Энергитическая основа рабочего процесса землеройно-транспортной машины // Строительные и дорожные машины. 2002. № 4. С. 32 35.
- 2. Седов Л. И. Виды энергии и их трансформации // Прикладная математика и механика. 1981. Том 45, вып. 6. С. 963 984.
- 3. Курс физики: В 3кн. Кн. 1. Физические основы механики: учеб. для вузов / Под ред. Г. А. Бордовского. М.: Высшая школа, 2004. 423 с.
- 4. Иродов И. Е. Механика. Основные законы, 9-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 309 с.
- 5. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики: пер. с англ. 3 е изд. М.: Наука, 1965. 328 с.
 - 6. Богданов С. В. Энергия масса // Вестник РАН. 2012. Том 82, № 4. С. 348 352.
- 7. Боданис Д. $E = mC^2$. Биография самого знаменитого уравнения в мире : пер. с англ. М.: КоЛибри, 2009. 448 с.

- 8. Бузин Ю. М. Энергетические инварианты формулы А. Энштейна $E = mC^2$ в процессе функционирования машинного агрегата (на примере землеройно транспортной машины) // Справочник. Инженерный журнал. 2012. № 3. с. 42 45.
- 9. Журавлёв В. Ф., Климов В. Ф. Прикладные методы в теории колебаний. М.: Наука, 1988. 328 с.
 - 10. Дружинин В. В., Конторов Д. С. Системотехника. М.: Радио и связь, 1985. 200 с.

- 1. Buzin Yu.M. Energy base of the working process of an earth-moving machine // Construction and Road Machines. 2002, №4, P.32-35.
- 2. Sedov L.I. Types of the energy and their Transformations // Applied mathematics and mechanics. 1981. Vol.45, Issue.6, P.963-984.
- 3. Course of Physics. In 3 books. Book 1. Physical bases of mechanics: textbook for higher institutions / under the edition of G.A.Bordovsky // M.: Higher school, 2004. 423p.
- 4. Irodov I.Ye. Mechanics. Fundamental Laws. The 9th issue //M.: Binom. Laboratory of knowledge, 2007. 309p.
- 5. Einstein A., Infeld L. Evolution of physics. Translation from English/ The 3rd issue // M: Nauka, 1965, 328p.
 - 6. Bogdanov S.V. Energy-mass // Newsletter RAN. 2012. Vol.82, N.4. P.348-352.
- 7. Bodanis D. $E = mC^2$. Biography of the most famous equation in the world: Translation from English // M: Kolibri, 2009. 448p.
- 8. Buzin Yu.M. Energy invariants of A. Einstein's formula $E = mC^2$ in the process of functioning the machine unit (on the example of an earth-movie machine) // Reference Book. Engineering Journal. 2012, N.3. P.42-45.
- 9. Zhuravlyov V.F., Klimov V.D. Applied methods in the theory of vibrations. M.: Nauka, 1988. 328p.
- 10. Druzhinin V.V., Kontorov D.S. Systemotechnics. M.: Radio and Communication, 1985. 200p.

Белгородский Государственный Технологический Университет имени В. Г. Шухова аспирант Е.А. Волков Россия, г. Белгород, тел. +79155203578 e-mail: ujinisthebigwolf@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov one graduate course E.A. Volkov Russia, Belgorod, tel. +79155203578 e-mail: ujinisthebigwolf@yandex.ru

Е.А. Волков

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СДМ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

Зачастую безопасное выполнение работ, с использованием СДМ, возможно только при условии не нахождения человека на территории данного производства. Там где человек подвергает себя риску, рационально использовать дистанционное управление техникой. Это решает проблему ограниченной обзорности производственной зоны с рабочего места оператора, но и создает предпосылки для создания более комфортных и безопасных условий работы.

Ключевые слова: агрессивная среда, ликвидация, безопасность, природа, человек, машина, управление, доступность, обзорность.

E.A. Volkov

RATIONALE FOR THE USE OF REMOTE CONTROL SYSTEMS OF CONSTRUCTION AND ROAD MACHINES OPERATED IN AGGEWSSIVE ENVIROMENT

Often the safe performance of work, c using the BRM, is only possible if people do not find in this production. Where a person exposes themselves to the risk, to use remote control technology. This solves the problem of limited visibility of the production area from the operator, but also a prerequisite for a more comfort-tion and safe working conditions.

Keywords: aggressive environment, elimination, safety, nature, people, ma-bus control, availability, visibility.

Объекты, на которых эксплуатируется строительная и дорожная техника не всегда соответствуют их функциональным характеристикам, в свою очередь, наличие разнообразного навесного оборудование предполагает расширение сферы их использования, в частности, при разборке завалов, утилизации отходов, среде с агрессивными свойствами и пр.

Подобные условия требуют от оператора использовать резервы своих психофизиологических возможностей, что в неблагоприятной производственной среде провоцирует его на ошибки, "цена" которых в современном производстве резко возросла. В большинстве случаев действия операторов оказываются неправильными не из-за низкой квалификации, а по причине несоответствия конструктивных особенностей техники возможностям человека. На долю человеческого фактора сейчас приходиться от 40 до 70% всех отказов сложных технических систем. В соответствии с мировой статистикой 80% катастроф в авиации и 64% на морском флоте происходит в результате ошибок, называемых логическими и моральными.

Как бы ни была совершенна современная техника, ее эффективное и безопасное применение в конечном итоге зависит от того, насколько полно согласованы конструктивные параметры с оптимальными условиями работы человека, с его возможностями и особенностями. Поэтому изучение работы машин и деятельности операторов в едином комплексе "человек-машина-среда" в настоящее время остается актуальным.

Создание новых систем управления СДМ, позволяет снизить нагрузку на психическое и физическое состояние человека, предоставив оператору оптимальные условия работы, полностью соответствующие его возможностям.



Рис. 1. Алгоритм взаимодействия «человек-машина-среда»

Среда в зоне проведения работ, с использованием СДМ, может быть различной, и зачастую последующее безопасное выполнение работ возможно только при условии не нахождения человека на территории данного производства (работы на зараженных территориях, в условиях низкой или высокой температуры, потенциально опасные территории: с возможностью схода лавин, оползней, разбор завалов). Одним из перспективных вариантов изоляции человека от агрессивной среды может стать применение специализированных технологических средств, с соответствующей аппаратурой обеспечивающей её дистанционное управление и безусловное контролирование процесса проведения работ.

Представляется, что наиболее реалистичных путей на сегодня – самый простой и дешевый – снабдить машины двойным управление: ручное и дистанционное.

В настоящее время системы электронного управления СДМ выполняют функции по оптимизации работы и эффективному управлению гидросистемой, сбору информации со всех датчиков и органов управления, управление пропорциональными и дискретными электромагнитами гидрораспределителей и клапанов, а также управление двигателем и выводом информации на дисплей. Связь между "узлами" системы управления осуществлена с помощью шин. Информация, поступающая от оператора через органы управления, проходит обработку и распределение в блоке управления и в итоге доходит до исполнительных механизмов. При выполнении технологических операций создается устойчивая обратная связь между оператором и оборудованием, осуществляется контроль значений силовых реакции при

контакте исполнительных механизмов с поверхностью ремонтируемых либо строящихся сооружении, координат точек контактирования и других параметров.

Для реализации проекта удаленного управления требуется перевести передачу данных с существующего проводного канала на дистанционный.

В качестве примера принят гусеничный экскаватор, 3D модель которого построена в различных условиях эксплуатации для этого вида техники, поворотная платформа которого с рабочим оборудованием имеет четыре степени свободы относительно соответствующих осей вращения стрелы, её рукояти и ковша.

Управление всеми рабочими механизмами экскаватора можно разделить на основное и вспомогательное.

Основная система управления – это комплекс устройств для управления экскаватором при выполнении рабочего цикла. Сюда входит управление, фрикционами механизма главного реверса, а также тормозами механизма поворота.

Вспомогательная система управления экскаватором — это дополнительный к основной системе комплекс устройств для управления между рабочими циклами. Для вспомогательного управления характерно редкое включение, например: переключения механизмов поворота и передвижения экскаватора в забое; переключение подвижных шестерен, обеспечивающих высшую или низшую скорость поворота платформы или передвижения экскаватора и пр.

Система дистанционного управления должна обеспечивать перемещение указанных элементов рабочего оборудования. Рабочее оборудование экскаватора можно рассматривать как роботизированную стрелу с тремя степенями свободы относительно осей стрелы, рукояти и ковша. При управлении оператор осуществляет процесс перемещения каждого из указанных рабочих элементов экскаватора, одновременно включаются устройства, обеспечивающие обратную связь по силовым воздействиям, действующим на ковш и каждый исполнительный механизм. Согласованность работы этих механизмов может быть обеспеченна работой системы по типу управления Master-Slave.

Благодаря системе Master-Slave осуществляется контроль перемещений рабочих элементов экскаватора и происходит передача сигналов регистрации перемещений элементов каждого из рабочих органов, что позволяет в режиме реального времени получить данные об их перемещениях.

Элемент обратной связи включает контактное воздействие по величине которого можно судить о степени силового контакта рабочего элемента с обрабатываемым объектом и о величине его противодействия. Подобный механизм характеризует показатель "чувствительности" между элементами системы "человек-машина-среда", что обеспечивает контроль качества выполнения тех. процесса.

Особое внимание следует уделять правильному сочетанию методов управления, механизмов регистрации усилий, а также результатов визуализации полученной информации, т.е. каждого фактора, влияющего на выполнение работ.

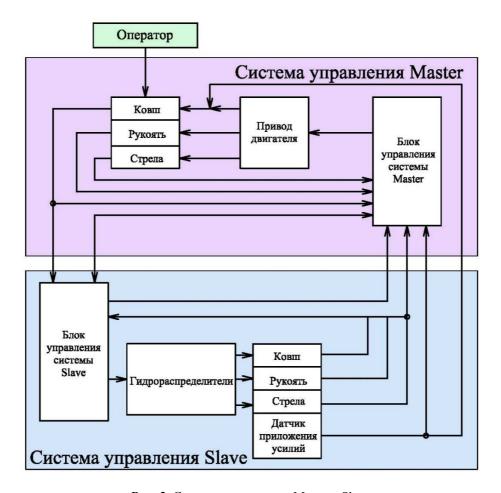


Рис. 2. Система управления Master - Slave

Недостатком дистанционных систем с радиоканалами связи является то, что для устойчивой их работы требуется широкий диапазон радиочастот, способных обеспечить независимую связь каждого робота без перекрестных искажении помех.

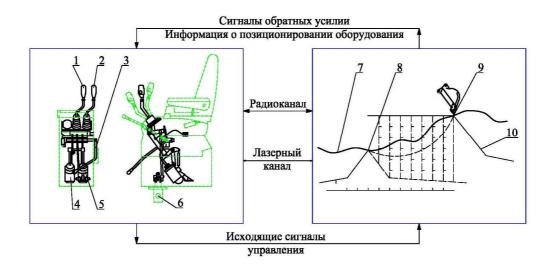


Рис. 3. Схема дистанционного управления экскаватором:

- 1 рычаг управления стрелой; 2 рычаг управления ковшом; 3 рычаг блокировки;
- 4 электромагнитный клапан; 5 электромагнитный клапан управления стрелой;
- 6 электропропорциональный клапан; 7 уровень грунта; 8 вторая точка контактирования;
 - 9 первая точка контактирования; 10 предполагаемая линия движения

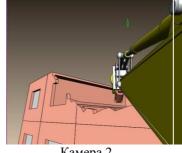
Перспективным направление для устранения указанных недостатков является использование в системах дистанционного управления строительными роботами лазерных каналов для передачи информации от человека-оператора.

На этапе конструирования важно рациональное распределение потоков информации между лазерным и радио каналом.

Использование лазерных каналов позволяет дублировать систему сбора информации (Slave), то есть появляется возможность считывания значении углов положения стрелы, её рукояти и ковша по координатам положения экскаватора и углам его наклона относительно горизонтальной плоскости вычислять координаты рабочей кромки ковша и координаты обрабатываемого объекта. И путем синхронизации двух систем оператор добивается более точного выполнения технологической операции.

При использовании СДУ (Систем Дистанционного Управления) оператор может определить условия проведения работ практический, осматривая зоны проведения работ, что способствует повышению эффективности эксплуатации оборудования.







Камера 1 Камера 2 Камера 3

Рис. 4. Вариант расположения системы камер при дистанционном управлении экскаватором

Переход на управление по радиоканалу не только в принципе решает проблему обзорности производственной зоны, но и создает предпосылки для создания более комфортных условии работы. Также возможно использования дополнительных камер и информации, считываемой с компьютеров. Изображение зон проведения работ возможно реализовать благодаря использованию 3D моделей, что свою очередь расширяет возможности мониторинга за технической системой в целом.

При использовании СДУ оператор получает возможность постоянно наблюдать за изменяющимися условиями в зоне работ и более оптимально оценивать такие факторы, как безопасность, так и качество выполнения работ, что способствует повышению эффективности эксплуатации машины.

Выводы

- 1. Объекты функционирования строительных и дорожных машин не ограничиваются строительными площадками, а имеет широкий спектр применения, вплоть до их эксплуатации в агрессивных средах.
- 3. Предлагается реализация проекта удаленного управления путем перевода передачи данных с существующего проводного канала на дистанционный.
- 4. Разработана модель гусеничного экскаватора с имитацией обзорности производственных зон для классической и дистанционной систем управления.
- 5. В качестве базовой системы удаленного управления экскаватором принята системе Master-Slave, позволяющая в режиме реального времени получить данные о перемещении рабочих органов.

6. Обосновано применение систем дистанционного управления при эксплуатации строительных и дорожных машин в агрессивных средах для снижения психофизических нагрузок и повышения безопасности оператора.

Библиографический список

- 1. Зорин, В. А. Требования безопасности к наземным транспортным системам: учебник / В. А. Зорин, В. А. Даугелло, Н. С. Севрюгина Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009.-187 с.
- 2. Севрюгина, Н.С. Инфографическая модель комплексной безопасности транспортных и технологических машин /Н.С. Севрюгина //Безопасность труда в промышленности. $2011.-N_{2}$ 6.
- 3. Степанов И.С., Евграфов А.Н., Карунин А.Л., Ломакин В.В., Шарипов В.М., Основы эргономики и дизайна автомобилей и тракторов /И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А.Л. Карунин, и др.; Под общ. Ред. В.М. Шарипова. М.: Издательский центр "Академия", 2005. 256с.
- 4. Н.Н.Груздева, Л.П.Хомякова, В.Г.Хусаинов. Построение картин обзорности с рабочего места машиниста экскаватора /Н.Н.Груздева, Л.П.Хомякова, В.Г.Хусаинов// Журнал Горная Промышленность. -2002. №3.

- 1. Zorin, V.A. Safety requirements for the land transport system: / VA Zorin, VA Daugello, NS Sevryugina Belgorod: Izd BSTU. VG Shukhov, 2009. 187 p.
- 2. Sevryugina, N.S. Infograficheskaya integrated security model of transport and technological machines / NS Sevryugina / / Security of labor in the industry. 2011. № 6.
- 3. Stepanov I.S., Yevgrafov A.N. Karunin A.L., V. Lomakin V.V., Sharipov V.M., Fundamentals of ergonomics and design of cars and tractors / I.S. Stepanov, A.N. Evgrafov, A.L. Karunin, etc., Ed. Ed. VM Sharipov. Moscow: Publishing Center "Academy", 2005. 256s.
- 4. N.N.Gruzdeva, L.P.Homyakova, V.G.Husainov. Building visibility paintings from the workplace excavator operator / N.N.Gruzdeva, L.P.Homyakova, V.G.Husainov // Mining Journal. 2002. № 3.

УДК 691.878

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной техники и инженерной механики Н. М. Волков Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной техники и инженерной механики Д. Н. Дёгтев Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной техники и инженерной механики С. А. Никитин Магистрант М.С. Труфанов Магистрант И. С. Радченко Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)271-59-18

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Cand. of Tehn. Sciencts, associate professor of the chair of construction machinery and engineering mechanics N.M. Volkov
Cand. of Tehn. Sciencts, associate professor of the chair of construction machinery and engineering mechanics D.N. Degtev
Cand. of Tehn. Sciencts, associate professor of the chair of construction machinery and engineering mechanics S.A. Nikitin
Magister M.S. Trufanov
Magister I.S. Radchenko
Russia, Voronezg, ph. 8(473)271-59-18

Н.М. Волков, Д.Н. Дёгтев, С.А. Никитин, М.С. Труфанов, И.С. Радченко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АКУСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КОЛЕСНОГО ПОГРУЗЧИКА ПК – 27 - 02

Представлены результаты акустических испытаний колесного погрузчика $\Pi K - 27$ -02 с целью выявления основных источников шума и вклада их в общее звуковое поле машины.

Ключевые слова: уровень звуковой мощности, внешний шум, экспериментальные исследования.

EXPERIMENTAL RESULTS OF ACOUSTIC TESTS OF WHEEL LOADER PC - 27 - 02

The results of acoustic tests of Wheel Loader PC - 27-02 are presented in order to reveal the main sources of noise and their contribution to the overall sound machine field.

Key words: level of sound capacity, external noise, experimental investigation.

Целью экспериментальных исследований являлось выявление основных источников шума погрузчика и вклада их в общее звуковое поле в кабине.

Акустические испытания проводились в свободном звуковом поле при постоянной температуре окружающего воздуха и постоянном атмосферном давлении, которые приводились к стандартным условиям.[1,2,3] При выполнении опытов органы управления двигателем устанавливались в положение, соответствующее номинальной частоте вращения вала двигателя.

Для выявления вкладов источников в общее звуковое поле был применен способ разделения источников виброакустической энергии [патент РФ №98123157/28].[1,3,4] Измерения шума в кабине и внешнего шума осуществлялись в соответствии с требованиями к условиям измерений ИСО 4872 и методам измерений ИСО 6393 – 85.

Измерения осуществлялись с помощью шумомера "Октава 101А" при закрытой кабине.

В коробке передач включалась первая передача, частота вращения двигателя устанавливалась номинальная и составляла 2200 об/мин. Модель двигателя Д = 243. Мощность двигателя $-57.3~\mathrm{kBt}$.

Существуют несколько способов разделения источников шума по их вкладу в общее звуковое поле машины [2], но наиболее точным и надежным является способ последовательного включения (или выключения) источников в систему, который и был применен к колесному погрузчику ПК - 27 - 02. Работают: двигатель внутреннего сгорания (ДВС) + гидросистема (Γ C) + механическая трансмиссия (Γ MT) + передний мост (Γ M). Затем последовательно отключаются передний мост, механическая трансмиссия и гидросистема. На всех этапах записывался шум в кабине.

По результатам измерений построены спектры шума, представленные на рисунке 1. Затем с помощью известного метода энергетического суммирования определяются вклады источников шума в общее звуковое поле $L_{\scriptscriptstyle {\rm CVM}}$ по формуле [5,6]

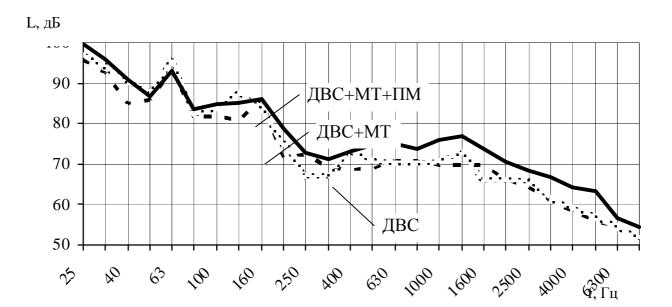


Рис. 1.Спектры шума в 1/3-октавных полосах частот в кабине колесного погрузчика при работе ДВС, ДВС+МТ, ДВС+МТ+ПМ.

$$L_{\text{cym}} = 10 lg \left(\sum_{i=1}^{3} 10^{0,1L_i} \right),$$

где $L_1 = L_{\mathit{ДBC}}$; $L_2 = L_{\mathit{MT}}$; $L_3 = L_{\mathit{\PiM}}$.

Установлены следующие значения уровней звука в кабине: работает только двигатель (ДВС) – 80,1 дБА; двигатель + механическая трансмиссия – 80,6 дБА; двигатель + механическая трансмиссия + передний мост – 81,9 дБА.

Тогда для вышеприведённых экспериментальных значений имеем следующие уровни звука источников, дБА: $L_{\it IBC} = 80.1$; $L_{\it MT} = 70.9$; $L_{\it NM} = 76.0$.

Вывод

Таким образом, наибольший шум в кабине обусловлен работой двигателя, излучение которого превышает на 4 дБ шум, излучаемый передним мостом. Двигатель проявляет себя в широком диапазоне частот. Наибольшие возмущения им создаются в 1/3-октавах 63, 80, 125 Гц. На более высоких частотах возмущающие воздействия от двигателя по своей амплитуде невелики.

Библиографический список

- 1. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Дуплищев С.М., Кравченко А.А., Никитин С.А., Покачалов А.С. Методология прогнозирования виброакустических параметров тяговых машин. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 9. С. 121-124.
- 2. Волков Н.М. Автогрейдеры легкого типа с улучшенными виброакустическими характеристиками. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2003.
- 3. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Щербинин М.И., Жулай В.А., Шаманин Р.С., Бочаров В.Н., Чернов М.В. Способ определения наибольшего уровня шума на рабочем месте оператора колесных тяговых машин. Патент на изобретение RUS 2155326 21.12.1998.
- 4. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Дегтев Д.Н., Муравьев А.В., Волков Н.М., Харламов А.Ю. Звукоподавляющая ячеистая панель. Патент на изобретение RUS 2239238 18.03.2003.
- 5. Дегтев Д.Н. Повышение эффективности виброакустической защиты колесных погрузчиков среднемощностного модельного ряда. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2006.
- 6. Лопашев. Д. 3., Осипов Г. Л., Федосеева Е. Н. Методы измерения и нормирование шумовых характеристик. М.: Издательство стандартов, 1983.—232 с.
- 7. Жулай В.А., Козлов В.А., Щиенко А.Н. Динамика дефектных карданных передач. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 1. С. 72-78.
- 8. Жулай В.А. Виброакустическая диагностика износа зубчатых передач строительных машин. Механизация строительства. 2007. №3. С. 11-13.

- 1. Ustinov Y. F, N.M. Volkov, Degtev D.N, Duplishev S.M, A.A. Kravchenko, S.A. Nikitin, A.S. Pokachalov. Methodology for predicting vibro-acoustic parameters of traction machines. News of higher educational institutions. Construction. 2003. Number 9. S. 121-124.
- 2. N.M. Volkov. Graders light type with improved vibroacoustic characteristics. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2003.
- 3. Ustinov Y.F., Muraviyov V.A., Shcherbinin M.I., Zhulai V.A., Shamanin R.S., Bocharov V., Chernov M.V. The method for determining the highest level of noise at the operator wheel traction machines. A patent for an invention RUS 2155326 21.12.1998.
- 4. Ustinov Y.F., Muraviyov V.A., Degtev D.N., Muraviyov A.V., Volkov N.M., A. Kharlamov. Zvukopodavlyayuschaya mesh panel. A patent for an invention RUS 2239238 18.03.2003.
- 5. Degtev D.N. Improving the efficiency of vibro-acoustic protection of wheel loaders sred-nemoschnostnogo lineup. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2006.
- 6. Lopashov D.Z., Osipov G.L., Fedoseyeva E.N. Methods of measurement and regulation of noise characteristics. Moscow: Publishing standards, 1983.-232 with.

УДК 621.879.3.: 621.221.002.2

«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет». Канд. техн. наук., доцент Геращенко В.Н. Россия, г. Воронеж, тел. 8.960.101.24.33, e-mail: stim-Vgasu@Vnr.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Cand of Techn. Sci associate professor V.N. Gerashchenko. Russia, Voronezh, tel. 8.960.101.24.33,

e-mail: stim-Vgasu@Vnr.ru

В.Н. Геращенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕГО НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ МАШИН

Ходовое оборудование наземных транспортных комплексов оказывает значительное влияние на эффективность и безопасность работы машин данного комплекса. Вопросам повышения производительности этих машин уделяется большое внимание. В современных условиях решение данного вопроса не может быть выполнено без конструктивных предложений, а также общих направлений машиностроения. Проблемы, возникшие в наши дни, могут быть решены только в централизованном порядке при активном действии субъектов федерации.

Ключевые слова: ходовое оборудование, эффективность, безопасность, производительность.

V.N. Gerashchenko

Investigation of the Runnig Jear of Jround Transport Complexes and the Influence of its Constructive Features on the Efficiency and Safety of machine Operation. Runnig gear of ground transport complexes and the influence considerably the efficiency and Safety of machine operation of this complex. The problems of improving the capacity of such machines are being paid much attention. Under up-to-date conditions the solution of this problem cannot be done without constructive proposals as weel as general trends of machine-building. The problems arisen nowadays can be solved only in a centralized order at an active participation of the Federal organs.

Keywords: running gear, efficiency, safety, capacity.

В подъемно-транспортных, строительно-дорожных машинах наиболее широкое применение получили пневмоколесное и гусеничное ходовое оборудование. Современные наземно-транспортные комплексы выполняют большой объем работ в процессе строительного производства, связанный в том числе и с разработкой грунта. Причем гусеничное ходовое оборудование работает в тяжелейших условиях, подвергаясь высоким нагрузкам и интенсивному износу [1]. Пневмоколесное оборудование транспортных машин, работающих в карьерах, особенно в зимних условиях, должно обеспечить эффективность и безопасность работы вышеуказанных машин. В связи с вышеизложенным остро встает вопрос повышения надежности элементов ходового оборудования одноковшовых строительных экскаваторов, таких как: рама хода, привод хода, механизм натяжения, катки опорные и поддерживающие, сама

лента гусеничная. Что касается пневмоколесного оборудования, то здесь наряду с надежностью элементов хода важным является вопрос повышения коэффициента сцепления φ , повышения эффективности и безопасности работы пневмоколесных машин [2].

Проводимые исследования и обзор существующих источников по затронутым проблемам показали, что надежности узлов гусеничного ходового оборудования в процессе эксплуатации может способствовать следующее:

- широкое внедрение новых сверхпрочных материалов, обладающих повышенной изно-состойкостью;
- использование новейших технологий, позволяющих увеличить надежность, прочность и коррозионную стойкость;
 - трение в узлах должно быть минимальным;
- обеспечение эффективной защиты от проникновения пыли, грязи, грунта в места посадок ходового оборудования и катков;
- эффективный отвод тепла, возникающего в результате трения соприкасающихся уплотняемых поверхностей, должен осуществляться посредством смазочных средств;
 - процесс коррозии при простое оборудования должен быть исключен;
 - внедрение унифицированных составных частей для привода хода экскаваторов.

Таким образом, можно констатировать, что перспективными конструкциями привода хода экскаватора являются приводы, осуществляемые с помощью планетарных модулей, унифицированных с механизмом привода поворота платформы. Достоверность данного суждения подтверждается проведенными исследованиями и анализом существующих конструкций привода хода экскаваторов, выпускаемых в мире.

Механизмы натяжения гусеничных лент должны быть компактными с применением в качестве демпфирующих элементом гостированных тарельчатых пружин. Что касается конструкции опорных и поддерживающих катков, то особое внимание надо уделить их смазке и выполнению требований, предъявляемых к материалам, из которых изготавливаются контактные кольца и уплотнения [1].

Целесообразно применять в ходовом оборудовании гусеничные ленты тракторного типа, что увеличивает срок службы и надежность. Вышеприведенные особенности конструирования ходового оборудования позволяют устранить недостатки, характерные для традиционных ходовых устройств.

Экспериментальные и теоретические исследования и результаты, полученные в «Воронежском государственном архитектурно-строительном университете», позволяют предложить пути решения некоторых вопросов, касающихся безопасности работы колесных машин в зимних условиях. Повышение сцепления с опорной поверхностью может быть достигнуто рациональным подбором шин, блокированием дифференциала, применением полноприводных автомобилей, использованием средств противоскольжения [3]. Проведенные нами исследования позволяют утверждать, что при взаимодействии колесного движителя СДМ со снежной опорной поверхностью тяговая характеристика его имеет отличительные особенности. При работе колесного движителя на обычных поверхностях изменение силы тяги происходит от нуля до максимального значения, определяемого условиями сцепления шины с поверхностью качения, а при взаимодействии шины со снежной поверхностью целесообразно говорить об изменении силы тяги от нуля до максимального значения, соответствующего коэффициенту буксования 18÷20 % и последующего снижения до определенной величины, соответствующей величине коэффициента буксования около 100 %.

Использование различных технических средств противоскольжения повышает сцепление с опорной поверхностью и эффективность работы колесных машин в зимних условиях.

Применение средств противоскольжения позволяет получить максимальную силу тяги в 1,5 – 2 раза большую по сравнению с колесным движителем без средств противоскольжения.

Результаты экспериментальных исследований влияния средств противоскольжения на тяговые качества колесного движителя приведены в табл.

Таблица Результаты экспериментальных исследований влияния средств противоскольжения на тяговые качества колесного движителя

ров	Уплотненная снежная поверхность										
	Одиночный КД			КД автогрейдера ДЗ-99Г				КД ГАЗ-66			
	Шина 20,5-25			Шина 12,00-20				Шина 12,00-18			
	модели Ф92			модели М93				модели К70			
	Без							Схемы			
	средств	Ошипо-	С цепя- ми	Без цепей t=-1° <i>C</i>	С цепя- ми t=- 1° С	Без цепей t=-12° <i>С</i>	С цепя- ми t=-12° <i>С</i>	4×4 с цепя- ми на обеих мостах	4×4 с цепя- ми на одном веду- щем	4×4	4×2
Максимальная сила тяги, развиваемая колесным движителем	19,88	29,53	35,53	26,07	47,97	35,52	50,48	22,9	16,3	13,6	9,0
Коэффици- ент буксова- ния, соответ- ствующий максималь- ной силе тяги	21	100	100	18,8	100	22	100	100	100	35	22
Коэффици- ент сцепле- ния	0,284	0,420	0,507	0,35	0,648	0,48	0,682	0,45	0,32	0,27	0,18

Таким образом, изложенный материал статьи позволяет утверждать, что ходовое оборудование машин наземного транспортного комплекса оказывает существенное влияние на эффективность и безопасность работы этих машин. Причем, предложенные конструктивные изменения отдельных элементов хода, а также рекомендации по улучшению эксплуатации помогут добиться наилучших результатов при использованию этих машин в среде строительного производства.

Библиографический список

- 1. Геращенко В.Н., Вдовин П.С. Исследование элементов ходового оборудования гидравлических экскаваторов 5-ой размерной группы. Высокие технологии. Экология. 15-я межрегиональная научно-практическая конференция, ВГАСУ, Воронеж 2012, 4 стр.
- 2. Геращенко В.Н. Безопасность работы пневмоколесных строительно-дорожных машин в зимних условиях. Первая международная научно-практическая конференция «Оценка риска и безопасность строительных конструкций» Тезисы докладов Том 2 Россия, Воронеж 2006, 4 стр.

- 3. Геращенко В.Н., Шарапов Е.В. Некоторые рекомендации по обеспечению безопасности и эффективности работы колесного движителя в зимних условиях. 67-ая научнопрактическая конференция ВГАСУ, Воронеж 2012, 7 стр.
- 4. Жулай В.А., Авдеев В.П. Обоснование режимов виброакустического диагностирования зубчатых передач строительных и дорожных машин. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. №4. С. 171-176.

- 1. Gerashchenko V.N., Vdovin P.S. Investigation of Runnig gear elements of 5-size group hundraulic excavators. High Technologies. Ecology. The 15-th interregional scientific-and-practical conference, Vgasu, Voronezh-2012, 4 p.
- 2. Gerashchenko V.N. The safety of Operation of pnevmowheeled road-making machines under winter conditions. The 1-st International scientific-and-practical conference. «The Estimation of Risk and Safely of Building Structures». The thesises of reports. Vol. 2, Russia, Voronezh-2006, 4 p.
- 3. Gerashchenko V.N., Sharapov E.V. Some recommendations on ensuring the safety and efficiency of operation of wheel assembly under winter conditions. 67-th scientific-and-practical conference of Vgasu, Voronezh-2012, 7 p.

УДК 622.24

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, проф. кафедры высшей математики М.Д. Гончаров Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-62 e-mail: goncharov@vgasu.vrn.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
D.Sc.(Engineerin), Prof. of the mathematical Dept. M.D. Goncharov
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-62
e-mail: goncharov@vgasu.vrn.ru

М.Д. Гончаров

СОВМЕСТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СИСТЕМЫ РОТОР-СТАТОР ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Показывается возможность определения собственных частот (критических скоростей вращения), форм колебаний и сил реакций в промежуточных опорах забойного двигателя в режимах усиленных поперечных вибраций. Для нахождения таких характеристик забойного двигателя как единого целого, используются собственные частоты и формы колебаний отлельных его составляющих.

Ключевые слова: автономные системы, совместные колебания, реакции в опорах, критические скорости вращения.

M.D. Goncharov

VIBRATIONS OF JOINT ROTOR-STATOR DOWNHOLE MOTOR

Shows the possibility of determining the natural frequencies (critical speed), mode shapes and reaction forces in the intermediate supports mud motor in the amplification mode transverse vibration. To find these characteristics downhole motor as a whole, using the natural frequencies and mode shapes of its individual components.

Keywords: autonomous systems, joint variations, reactions in the supports, the critical speed.

В работах [1] и [2] находятся собственные частоты и формы статора и ротора при поперечных колебаниях как автономных систем забойного двигателя, т.е. без учета действия реакций промежуточных опор, методом динамических податливостей [3]. Задачу о совместных колебаниях системы ротор-статор забойного двигателя также можно решать упомянутым методом динамических податливостей в следующей последовательности.

Ранее отброшенные связи заменяются силами реакций. Тогда в точках расположения промежуточных опор с координатами \bar{x}_i ($\bar{x}_i = x/l$ - безразмерная координата) на статор и ротор действуют силы реакции R_i^* и R_i . Здесь звездочкой помечаются величины, относящиеся к статору.

В силу линейности рассматриваемых систем прогибы ротора и статора в точке расположения i -ой опоры складываются из прогибов, вызванных независимым действием каждой силы

$$y(\overline{x}_i) = \sum_{i=1}^n R_i \eta_{ij} , \quad y^*(\overline{x}_i) = \sum_{i=1}^n R_i^* \eta_{ij}^* \qquad \qquad \left(i = \overline{I, n}\right)$$
 (1)

где n - число промежуточных опор, η_{ij} и η_{ij}^* - динамические податливости ротора и статора в точке \overline{x}_i под действием силы, расположенной в точке \overline{x}_j . Заметим, что динамическая податливость, например η_{ij} , означает амплитудное смещение в i -ой точке от гармонической силы единичной амплитуды, расположенной в j -ой точке.

С другой стороны, в соответствии с упругими связями, реакция в опоре и относительное смещение ротора и статора связаны следующим соотношением:

$$R_i = c_{0i} \left[y(\overline{x}_i) - y^*(\overline{x}_i) \right] \tag{2}$$

где c_{0i} - жесткость i -ой опоры.

Учитывая, что $R_i = -R_i^*$ из (1) и (2) получаем:

$$R_{i} = -c_{0i} \sum_{j=1}^{n} R_{j} (\eta_{ij} + \eta_{ij}^{*}).$$
(3)

Обозначив в (3) $\eta_{ij} + \eta_{ij}^* = e_{ij}$, будем иметь

$$\sum_{i=1}^{n} R_{j} \left(e_{ij} + \frac{\delta_{ij}}{c_{0i}} \right) = 0, \qquad \left(i = \overline{1, n} \right)$$
 (4)

Здесь δ_{ii} - символы Кронекера, т.е.

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j. \end{cases}$$

Динамические податливости ротора η_{ij} и статора η_{ij}^* находятся из выражений:

$$\eta_{ij} = \sum_{k=1}^{n} \frac{y_{k}(\bar{x}_{i})y_{k}(\bar{x}_{j})}{a_{k}(\omega_{k}^{2} - \omega^{2})}, \qquad a_{k} = l \int_{0}^{1} m(\bar{x})y_{k}^{2}(\bar{x})d\bar{x};
\eta_{ij}^{*} = \sum_{k=1}^{n} \frac{y_{k}^{*}(\bar{x}_{i})y_{k}^{*}(\bar{x}_{j})}{a_{k}^{*}(\omega_{k}^{*2} - \omega^{2})}, \qquad a_{k}^{*} = l \int_{0}^{1} m^{*}(\bar{x})y_{k}^{*2}(\bar{x})d\bar{x}.$$
(5)

Здесь $y_k(\overline{x})$, $y_k^*(\overline{x})$, ω_k и ω_k^* представляют собой k-ую форму и частоту ротора и статора как автономных систем; a_k и a_k^* - так называемые коэффициенты инерции для k-ой формы; $m(\overline{x})$ и $m^*(\overline{x})$ - погонные массы для ротора и статора.

Для нахождения нескольких низких частот и форм колебаний двигателя в суммах (5) достаточно взять несколько первых членов, так как с возрастанием $\left|\omega_k^2 - \omega^2\right|$ и $\left|\omega_k^{*2} - \omega^2\right|$ слагаемые сумм быстро убывают.

Неизвестными в системе однородных уравнений (4) являются реакции в опорах. Для существования ненулевого решения, как известно, определитель такой системы должен быть равен нулю

$$\det \left[e_{ij} + \frac{\delta_{ij}}{c_{0i}} \right] = 0, \qquad \left(i, \ j = \overline{1, n} \right) \quad (6)$$

Элементы определителя в уравнении (6) зависят от ω и само уравнение определяет частоты колебаний (критические скорости вращения) забойного двигателя. Каждой

найденной частоте ω_s соответствует набор сил реакций R_j^s из системы (4) и формы колебаний ротора и статора

$$y_s(\overline{x}) = \sum_{j=1}^n R_j^s \eta_{xj}, \quad y_s^*(\overline{x}) = \sum_{j=1}^n - R_j^{(s)} \eta_{xj}^*.$$
 (7)

Так как силы $R_j^{(S)}$ найдены с точность до множителя то и формы колебаний $y_s(\overline{x})$ и $y_s^*(\overline{x})$ в формуле (7) также определяются с точностью до множителя.

Для того, чтобы найти действительные величины сил реакций, нужно знать, например, действительный прогиб статора в некоторой точке. Пусть этот прогиб известен. Тогда сразу же становится известен тот произвольный множитель, с точностью до которой найдены реакции в опорах и формы колебаний ротора и статора.

Вывод

Предложенная методика позволяет проводить расчет собственных поперечных колебаний забойного двигателя как единого целого, основываясь на собственных частотах и формах поперечных колебаний автономных (изолированных) систем ротора и статора.

Библиографический список

- 1. Гончаров М.Д. Выбор базисных функций для расчета режимов усиленных поперечных вибраций автономного статора турбинного забойного двигателя. Труды IV-ой международной научно-технической конференции «Высокие технологии в экологии», Воронеж, 2000 г., 191-196 с.
- 2. Гончаров М.Д. Исследование режимов усиленных вибраций изолированного ротора забойного двигателя при поперечных колебаниях. В сборнике «Экологический вестник Черноземья», Воронеж, 2007 г., 37-40 с.
- 3. Гуров А.Ф. Расчеты на прочность и колебания в ракетных двигателях. Издание «Машиностроение», 1968 г. 195 с.

- 1. Goncharov M.D. The choice of basis functions for the operating conditions of enhanced transverse vibration of the turbine stator independent downhole motor. Proceedings of the IV-th International Scientific and Technical Conference "High Technologies in ecology", Voronezh, 2000, 191-196 p.
- 2. Goncharov M.D. The study of enhanced modes of vibration of isolated mud motor rotor with transverse vibrations. In the book "Ecological Bulletin Chernozem", Voronezh, 2007, 37-40 p.
- 3. Gurov A.F. Strength calculations and fluctuations in rocket engines. Edition of "Engineering", 1968, 195 p.

УДК 629.114.3.001

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доцент кафедры СТИМ В.В. Гудков Россия, г. Воронеж, тел. +7(910)345-41-10 ВУНЦ ВВС «ВВА» Старший преподаватель кафедры автомобильной подготовки П.А. Сокол Россия, г. Воронеж, тел. +7(910)345-07-92

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
D.Sc.(Engineering), of the BTIE Dept.
V.V. Gudkov
Russia, Voronezh, tel. +7(910) 345-41-10
Air Force Education and Research Center
Zhukovskiy and Gagarin Air Force Academy.
Senior lecturer of the training for automobiles
Dept P.A. Sokol
Russia, Voronezh, tel. +7(910) 345-07-9

В.В.Гудков, П.А.Сокол

К ВОПРОСУ О СОПРОТИВЛЕНИИ КАЧЕНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ

В данной статье рассмотрено отрицательное влияние сил сопротивления качению (основного вида сил сопротивления) на движение автомобилей, пути их снижения и повышения эффективности и рентабельности эксплуатационных свойств подвижного состава.

Ключевые слова: сопротивление, качение, нагружение, колесо, момент.

V.V. Gudkov, P.A. Sokol

THE RESISTANCE ROLLING OF FREIGHT VEHICLES

The article deals with the problem negative action, the resistance force of rolling on the movement cars, the problem of their abatement and rising efficiency operating capacity freight vehicles.

Keywords: resistance, rolling, lading, wheel, moment.

В современных экономических условиях наблюдается устойчивый рост количества грузоперевозок автомобильным транспортом, увеличения скорости перемещения грузов и повышения грузоподъемности подвижного состава.

При движении автомобиля встречный поток воздуха взаимодействует с лобовой частью кабины, в результате возникают лобовое сопротивление кабины, кузова (груза) и сопротивление потоков, охлаждающих двигатель и поступающих на вентиляцию кабины. Сопротивление воздуха движению автомобиля (аэродинамическое сопротивление) условно можно разделить на пять основных составляющих: сопротивление формы, дополнительное сопротивление, сопротивление трения, сопротивление внутренних потоков и индуктивное сопротивление.

Для снижения сопротивления воздуха применяют лобовой обтекатель, что позволяет снизить расход топлива, но следует учитывать, что он эффективен при превышении высоты кузова над кабиной на 0,5 м и более и зависит от расстояния между кабиной и кузовом [1].

При движении автомобиля вследствие взаимодействия пневматической шины с опорной поверхностью в момент трогания с места и качения под нагрузкой возникают следующие явления: упругое проскальзывание, переходящее в скольжение и буксование, которые

ведут к перераспределению вертикальных нагрузок в подвеске и трансмиссии. Это вызывает изменение силового радиуса пневматических шин и, как следствие, изменение момента по ведущим осям.

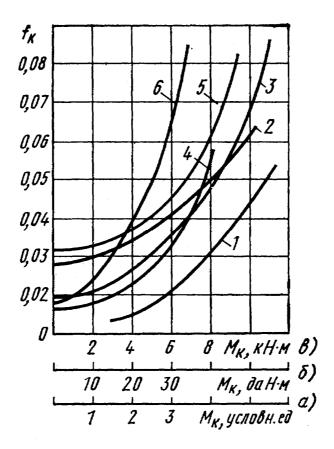


Рис. 1. Зависимость коэффициента сопротивления качению от подводимого к колесу крутящего момента: шкала а - для кривой 2; шкала б – для кривой 1; шкала в – для кривой 3-6; 1 – карусельный стенд; 2 - асфальт, динамометрирование; 3 – двухосный барабанный стенд; 4 - асфальт, тензометрирование, шина; 5 – асфальт, тензометрирование, пневмокаток; 6 – стенд с плоской опорной поверхностью, пневмокаток

В результате происходит изменение полезной тяговой мощности на каждой из ведущих осей. Кинематическое рассогласование по осям приводит к появлению паразитной циркуляции мощности, отбирающей мощность, создающей силу тяги машины. Анализируя зависимость коэффициента сопротивления качению от подводимого к колесу крутящего момента (рис. 1), можно сделать вывод, что при качении колеса по асфальтно-бетонной опорной поверхности наблюдается интенсивное возрастание коэффициента сопротивления качению по мере увеличения развиваемой им силы тяги [1]. При качении по деформируемым грунтам наряду с внутренними потерями в шинах необходимо учитывать дополнительные затраты энергии, возникновение явления циркуляции мощности, сопровождаемое потерями энергии и износом механизмов силовой передачи и повышение силы сопротивления качению, связанные с деформацией грунта и его физико-механическими свойствами. Поэтому возникает необходимость изучения влияния нагрузок и скорости движения на непроизводительные затраты мощности: механические потери в двигателе и трансмиссии, потери на сопротивление качению, аэродинамическое сопротивление, процессы циркуляции мощности.

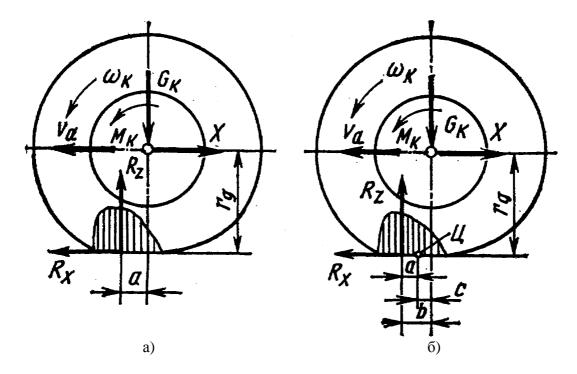


Рис. 2. Схема нагружения колеса при качении (общий случай на примере ведущего режима): а - в соответствии со схемой Кулона; б – в соответствии с интерпретацией бикомпонентности полного сноса нормальной реакции

Существует несколько схем нагружения колеса при качении на тяговом режиме (рис. 2): в соответствии со схемой Кулона (а) и в соответствии с интерпретацией бикомпонентности полного сноса нормальной реакции (б) [1].

Общий случай плоской задачи качения со скольжением эластичного колеса характеризуется приложением к его оси активного крутящего момента M_K и силы полезного сопротивления X.

Для разграничения силовых и скоростных потерь служит мощность скольжения N_S , которая равна произведению равнодействующей силы трения в контакте с опорной поверхностью предельного по сцеплению значения X_{ϕ} на скорость скольжения

$$N_S = X_{\varphi} \cdot \nu_S \tag{1}$$

Потери мощности при качении со скольжением ΔN равны разности подведенной к колесу мощности N_K и мощности, переданной на шасси N_A .

Влияние типа дорожного покрытия на интенсивность роста сопротивления качению от скорости для шин различной конструкции можно увидеть на полученных экспериментально зависимостях (рис. 3) [1].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что коэффициент сопротивления качению шин нелинейно возрастает при повышении скорости движения автомобиля.

Для снижения затрат мощности на качение необходимо использовать шины с низким сопротивлением качению, к которым относятся радиальные, широкопрофильные и низкопрофильные шины. Эти шины в силу особенностей конструкции имеют пониженные по сравнению с диагональными шинами значения коэффициентов сопротивления качению и тангенциальной эластичности, что позволяет снизить дополнительное сопротивление качению от передачи крутящего момента. Указанные достоинства шин с малой тангенциальной эластичностью проявляются при их установке на автомобили с двумя и более ведущими мостами.

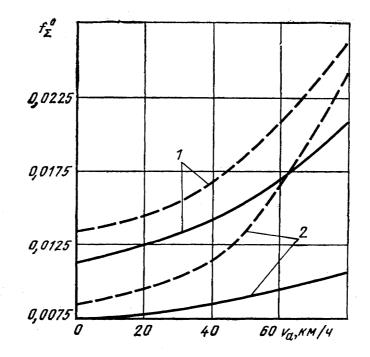


Рис. 3. Зависимость сопротивления качению автомобилей с шинами различного типа от скорости движения по дорогам с различным покрытием:

1 - автомобиль 8х8; 2 – автомобиль 6х4; сплошные линии – цементобетонное шоссе; штриховые линии – булыжное покрытие

Однако у автомобилей без межосевых дифференциалов такие шины по сравнению со стандартными могут вызвать значительное перераспределение крутящих моментов между мостами, а также между шинами сдвоенных колес, что вызывает циркуляцию мощности и потери при качении.

Одним из важных условий снижения затрат мощности на качение автомобиля является равномерное распределение нормальных нагрузок по шинам и крутящих моментов по элементам движителя и трансмиссии, а также исключение различия давлений воздуха в шинах при эксплуатации. Эффективным путем снижения затрат мощности на качение является использование одинарных колес с широкопрофильными шинами вместо сдвоенных. При одинаковой грузоподъемности широкопрофильная шина имеет существенно меньшие затраты мощности на качение, что объясняется значительно меньшим объемом деформируемого материала и особенностями работы каркаса широкопрофильной шины. Эффективность применения широкопрофильных шин наиболее высока на полноприводных автомобилях. Однако в этом случае значительным фактором становится циркуляция мощности из-за силового и кинематического рассогласования. Одним из наиболее перспективных направлений применения широкопрофильных шин является применение их на многоосных автопоездах, для которых особенно остро стоит вопрос повышения топливной экономичности и улучшения тяговых характеристик, которые еще в большей степени зависят от циркуляции мощности.

Выводы

1. Таким образом постоянное увеличение скоростей движения автомобилей, объемов и веса перевозимых грузов выводит потери от циркуляции мощности на основное место среди затрат энергии при движении автомобиля, и требует более развернутого изучения с целью снижения отрицательных последствий.

Библиографический список

- 1. Петрушов В.А., Шуклин С.А., Московкин В.В. Сопротивление качению грузовых автомобилей и автопоездов. М.: Машиностроение, 1976, 221 с.
- 2. Петрушов В.А., Московкин В.В., Евграфов А.Н. Мощностной баланс автомобиля. М: Машиностроение, 1984, 156 с.

- 1. V. A. Petrushov, S. A. Shuklin, V.V. Moscovkin The rolling resistance of freight vehicles and tractor and trailers. Moscow.: Mashinostroenie, 1976, 221 sec
- 2. V. A. Petrushov, V.V. Moscovkin, A. N. Evgrafov The power balance of motor-vehicle. Moscow.: Mashinostroenie,1984, 156 sec.

УДК 629.3.032

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительной техники и инженерной механики В.А. Жулай;

Канд. техн. наук, доцент В.Л. Тюнин;

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 277-01-29

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of building engineering and engineering mechanics V.A. Zhulai; Cand. of Tech. Science, Associate prof. V.L. Tyunin; Russia, Voronezh, tel. 8(473) 277-01-29

В.А. Жулай, В.Л. Тюнин

ОЦЕНКА ШИРИНЫ КОЛЕИ ПРИ ДВИЖЕНИИ КОЛЕСА ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ ПО ГРУНТУ

В данной статье представлены теоретические выражения для определения ширины колеи крупногабаритного колеса землеройно-транспортной машины с деформируемой опорной поверхностью. Приводятся зависимости ширины колеи от типа грунта и внутреннего давления воздуха в колесе. Представлен анализ полученных зависимостей.

Ключевые слова: землеройно-транспортные машины, колесо, ширина колеи.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin

ESTIMATION OF THE WIDTH TO RUTS WHEN MOVING TRAVEL ABOUT EARTH-MOVING MACHINES ON SOIL

In given article are presented theoretical expressions for determination of the width to ruts earth-moving machines with deformed by footprint. Happen to the dependencies of the width to ruts from type of the soil and from internal pressure of the air in travel about. The Presented analysis of the got dependencies.

Key words: earth-moving machines, wheel, width to ruts.

Современные колёсные землеройно-транспортные машины (3TM) должны отвечать главному требованию – обладать высокой эффективностью. Одними из основных направлений повышения эффективности колесных 3TM является увеличение производительности и снижение удельной энергоемкости и удельного расхода топлива [1, 2, 3, 4].

Самоходные колёсные ЗТМ разрабатывают грунт за счёт силы тяги, создаваемой колёсным движителем (КД). Преобразование крутящего момента на КД в силу тяги ЗТМ осуществляется в процессе взаимодействия крупногабаритных пневматических шин с грунтом.

При рассмотрении взаимодействия качения КД ЗТМ по грунту и определении тяговых качеств и сопротивления качению используется величина ширины колеи. В работе [1] вводится эмпирический коэффициент увеличения ширины колеи за счёт боковой деформации пневматической шины v, который зависит только от давления воздуха в ней.

Для определения ширины колеи с учётом деформации боковых стенок необходимо рассмотреть схему деформации профиля крупногабаритной шины на грунте (рис. 1), при следующих допущениях, которые используются так же в работах [1, 5]: ширина протектора шины $B_{\mathit{\PiP}}$ равна ширине посадочной части обода колеса и предполагается, что протектор лишен кривизны. Данные допущения, как показывает анализ геометрических параметров крупнога-баритных шин, приемлемы.

Зная геометрические параметры и полную деформацию грунта h_n можно определить величину ширины боковины в зоне контакта b_{δ} .

$$b_6 = r_6 \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\alpha_6}{2}\right) - \frac{1}{2} \cdot \left(\sin\left(\frac{\alpha_6}{2}\right) - \frac{h_n}{r_6}\right)^2 \right],\tag{1}$$

где $r_{\!\scriptscriptstyle 6}$, $lpha_{\!\scriptscriptstyle 6}$ - радиус и угол деформированной боковины шины;

 h_{Π} - полная деформация грунта.

$$r_{\delta} = \frac{U - B_{\Pi P}}{2\alpha_{\delta}},\tag{2}$$

$$\alpha_{6} = 2 \cdot \sqrt{6 \cdot \left[1 - \frac{2(H - \lambda)}{U - B_{\Pi P}} \right]}, \tag{3}$$

где U - периметр профиля шины (общего), определяемый из геометрических параметров недеформированной шины;

 λ - нормальная деформация шины.

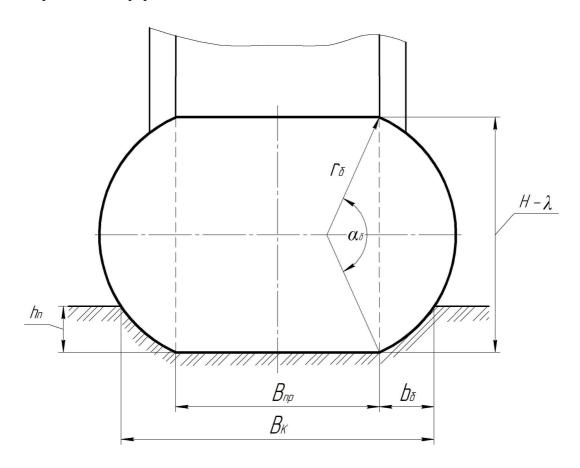


Рис. 1. Схема деформации профиля крупногабаритной шины

Исходя из схемы рис. 1 ширина колеи B_K равна

$$B_{K} = B_{\Pi P} + 2b_{6}. \tag{4}$$

По формулам (1)...(4) были получены зависимости ширины колеи от прочности грунта (статического модуля полной деформации грунта E_I) и давления воздуха в шины 18.00-25 мод. Φ -27 (рис. 2).

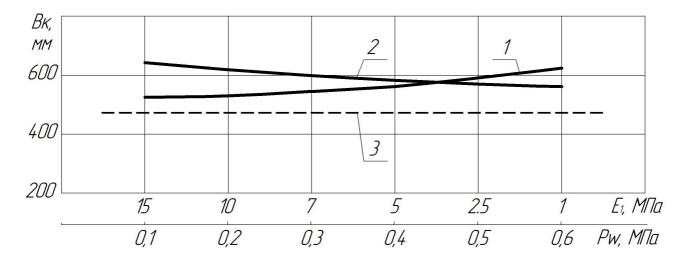


Рис. 2. Зависимость ширины колеи: 1 - от прочности грунта при Pw=0.5 МПа, 2 - от внутреннего давления в шине при $E_I=5$ МПа; 3 — ширина протектора шины

Анализ полученных зависимостей показывает, что с уменьшением прочности грунта E_1 от 15 до 1 МПа ширина колеи увеличивается на 15,8 %. При движении на плотном грунте (E_1 = 15 МПа) разница между шириной колеи B_K и шириной беговой дорожки протектора шины $B_{\Pi P}$ составляет 8,5 %, а на мягком грунте (E_1 = 2,5 МПа) - 22 %.

При увеличении внутреннего давления в шине от 0,1 до 0,6 МПа (при движении по рыхлому грунту $E_I = 5$ МПа) ширина колеи уменьшается на 14 %. При минимальном давлении в шине разница между B_K и B_{IIP} составляет 28,2 %, а при максимальном 16,5 %.

Вывод. При рассмотрении взаимодействия качения КД ЗТМ по грунту необходимо учитывать увеличение ширины колеи.

Библиографический список

- 1. Ульянов Н. А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин / Н. А. Ульянов. М.: Машиностроение, 1969. 520 с.
- 2. Жулай В.А. Моделирование работы автогрейдера с объёмным гидроприводом переднего моста / В.А. Жулай, В.И. Енин, А.А. Серов // Строительные и дорожные машины. 2007. № 10.- С. 44-45.
- 3. Нилов В.А. Эффективность применения скреперных поездов /В.А. Нилов, П.И. Иванищев // Строительные и дорожные машины. 2010. № 5. С. 35.
- 4. Тюнин В.Л. Методика расчёта мощностных показателей колёсного движителя землеройно-транспортных машин: дис. канд. техн. наук / Тюнин Виталий Леонидович. Воронеж, 2008. 179 с.
- 5. Агейкин Я.С. Вездеходные колёсные и комбинированные движители / Я.С. Агейкин. М.: Машиностроение, 1972. 184 с.

- 1. Ulyanov N.A. The theory of self-propelled wheel earth-moving machines / N.A. Ulyanov. M.: mechanical engineering, 1969. 520 with.
- 2. ZHulay V.A. Modeling of the work motograders with three-dementional hydraulic drive of the front bridge / V.A. ZHulay, V.I. Enin, A.A. The Sulphur // Building and road machines. 2007. 10. S. 44-45.
- 3. Neil V.A. Efficiency of the using scrapers train / B.A. Neil, P.I. Ivanischev // Building and road machines. 2010. 5. S. 35.
- 4. Tyunin V.L. Methods calculation power of parameters wheel mover earth-moving machines: dis. kand. tehn. sciences / Tyunin Vitaliy Leonidovich. Voronezsh, 2008. 179 s.
- 5. Ageykin YA.S. Cross country wheel and multifunction mover / YA.S. Ageykin. M.: Machine building, $1972. 184 \, s.$

УДК 621.878.004.15

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой

строительной техники и инженерной механики

В.А. Жулай;

Канд. техн. наук, доцент

В.Л. Тюнин;

Студент 531 группы Д.В. Бобров;

Студент 541 группы С.В. Сизинцев;

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 277-01-29

Voronezh State University

of Architecture and Civil Engineering

Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of building engineering and engineering mechanics

V.A. Zhulai;

Cand. of Tech. Science, Associate prof.

V.L. Tyunin;

The student of group 531 D.V. Bobrov;

The student of group 541 S.V. Sizintcev

Russia, Voronezh, tel. 8(473) 277-01-29

В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, Д.В. Бобров, С.В. Сизинцев

ВЛИЯНИЕ ОБЩЕГО КПД НА ТОПЛИВНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Представлены выражения для нахождения общего КПД землеройнотранспортной машины, показана взаимосвязь удельного расхода топлива и общего КПД землеройно-транспортной машины.

Ключевые слова: землеройно-транспортные машины, общий КПД, топливноэкономические показатели.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, D.V. Bobrov, S.V. Sizintcev

INFLUENCE GENERAL KPD ON FUEL-ECONOMIC FACTOR EARTH-MOVING MACHINES

The Presented expressions for finding general KPD earth-moving machines, is shown intercoupling the specific consuption fuel and the general KPD earth-moving machines.

Key words: earth-moving machines, general KPD, fuel-economic factor.

Коэффициент полезного действия (КПД) любой машины определяется как отношение полезной работы, совершённой машиной, к работе, затраченной на приведение её в действие [1]. Этот показатель характеризует любую машину с точки зрения её энергетической экономичности.

Большую часть земляных работ выполняют землеройно-транспортные машины (ЗТМ), такие как скреперы, автогрейдеры, бульдозеры, грейдер-элеваторы [2]. Данные машины обладают большой единичной мощностью. В связи с этим представляет теоретический и практический интерес определения общего КПД ЗТМ и определение влияния его на топливно-экономические показатели, такие как часовой и удельный расход топлива [3].

В ЗТМ полезная работа характеризуется величиной тяговой мощности на рабочем органе N_m , а затраченная — мощностью, получаемой при полном сгорании топлива (теоретической мощностью) N_{meop}

$$\eta_{obu} = N_m / N_{meop}. \tag{1}$$

Тяговый привод самоходной колёсной ЗТМ состоит из двигателя, трансмиссии и колёсного движителя. Исходя из этого общий КПД ЗТМ можно записать

$$\eta_{o\delta u_{\downarrow}} = \eta_{\partial e} \eta_{mp} \eta_{\kappa}, \tag{2}$$

где $\eta_{\partial \theta}$ – КПД двигателя;

 η_{mp} – КПД трансмиссии;

 η_{κ} – КПД колёсного движителя.

Выражения для определения составляющих формулы (2) записываются следующим образом

$$\eta_{\partial s} = N_e / N_{meop},\tag{3}$$

$$\eta_{mp} = N_{\kappa}/N_e, \tag{4}$$

$$\eta_{\kappa} = N_m / N_{\kappa},\tag{5}$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт;

 N_i – индикаторная мощность, т.е. мощность, развиваемая газами в цилиндрах двигателя при сгорании топлива, кВт;

 N_{κ} – мощность, подводимая к колёсному движителю, кВт.

Мощности входящие в (1) можно определить следующим образом

$$N_m = T \cdot V_{\partial}, \tag{6}$$

$$N_{meop} = G_m \cdot H_{u'} U, \tag{7}$$

T – сила тяги колёсного движителя, кH;

 V_{∂} – действительная скорость движения машины, м/с;

 G_{m} – часовой расход топлива двигателем, кг/ч;

 H_{ν} – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

U – термический эквивалент, т. е. количество тепла, эквивалентное работе двигателя мощностью 1 кВт в течении 1 часа, кДж/(кВт·ч). Значения H_u и U постоянны для всех дизельных двигателей.

Удельный расход топлива равен, г/кВт⋅ч

$$g_m = 1000 \cdot G_m / N_m, \tag{8}$$

 $g_{\it m} = 1000 \cdot G_{\it m}/N_{\it m}, \tag{8}$ Подставляя в (8) значение $G_{\it r}$, выраженное из (7), с учётом (6) и то, что $g_{\it reop} = U/H_{\it u}$ [3] получаем

$$g_m = g_{meop}/\eta_{oou}, \tag{9}$$

По формулам (8) и (9), используя тяговую характеристику, были найдены зависимости общего КПД и удельного расхода топлива от силы тяги автогрейдера ДЗ-122. Исходные данные: двигатель А-01МС; трансмиссия механическая, передаточное отношение на первой передаче i = 96.6; колёсная схема 1х2х3, шины 14.00-20; масса автогрейдера 140 кH; грунт связный плотный сухой. Тяговая характеристика была получена с помощью программы для ЭВМ [4, 5].

Из рис. видна зависимость удельного расхода топлива g_m от общего КПД землеройнотранспортной машины $\eta_{o \delta u u}$. При этом можно сделать вывод, что на режимы минимума удельного расхода топлива $g_{m \, min}$ и максимума общего КПД $\eta_{o \delta u u}$ будут совпадать.

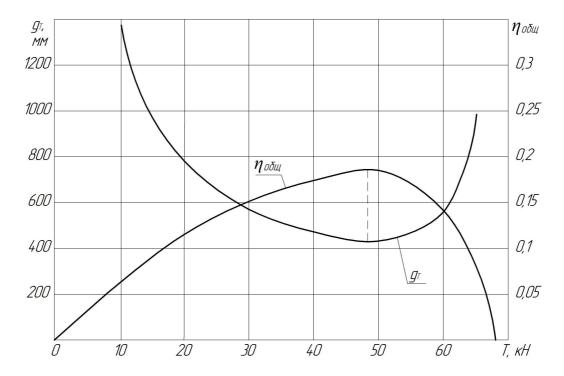


Рис. Зависимость общего КПД и удельного расхода топлива от силы тяги автогрейдера ДЗ-122

Библиографический список

- 1. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. М.: Транспорт. 1990. 135 с.
- 2. Ульянов Н.А. Самоходные колёсные землеройно-транспортные машины / Н.А. Ульянов, Э.Г. Ронинсон, В.Г. Соловьёв. М.: Машиностроение, 1976. 366 с.
- 3. Жулай В.А. Аналитическое описание характеристики дизеля / В.А. Жулай, В.И. Енин // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 10. С. 26-28.
- 4. Программа для электронных вычислительных машин: аналитическое построение тяговой характеристики самоходной колёсной землеройно-транспортной машины с механической трансмиссией. М.: ВНТИЦ, 2012. № 50201251188 от 03.10.2012.
- 5. Тюнин В.Л. Методика расчёта мощностных показателей колёсного движителя землеройно-транспортных машин: дис. канд. техн. наук / Тюнин Виталий Леонидович. Воронеж, 2008. 179 с.

References

- 1. Govoruschenko N.YA. The Economy fuel and reduction to toxicity on car transporte. M.: Transport. 1990. 135 s.
- 2. Uliyanov N.A. Selfpropelled wheel earth-moving machines / N.A. Uliyanov, E.G. Roninson, V.G. Soloviyov. M.: Machine building, 1976. 366 s.
- 3. Zhulay V.A. The Analytical description of the feature of the diesel / V.A. ZHulay, V.I. Enin // Tractors and сельхозмашины. 2011. 10. S. 26-28.
- 4. The Program for electronic computing machines: analytical building of the tractive feature selfpropelled wheel earth-moving machines with mechanical transmitions. M.: VNTIC, 2012. 50201251188 from 03.10.2012.
- 5. Tyunin V.L. Methods calculation power of parameters wheel mover earth-moving machines: dis. kand. tehn. sciences / Tyunin Vitaliy Leonidovich. Voronezsh, 2008. 179 s.

УДК.504.056

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Научный сотрудник А.А. Колтаков; Начальник 2 факультета САТОП В.П. Иванов Начальник учебно-методического отдела А.Ю. Харламов Курсант А.В. Купцов Россия г. Воронеж, тел.8 (4732)70-76-48 e-mail: ktv602@mail.ru The military educational science centre of Military-air forces « Military-air academy of a name of professor N.E.Zhukovsky and Y.A.Gagarin » (c. Voronezh)The Research The Research Associate A.A. Koltakov; The chief of 2th faculty MLMFA V.P. Ivanov The chief of educational-methodical department A.U. Kharlamov The cadet A.V. Kupscov Russia Voronezh, ph. 8 (4732) 70-76-48 e-mail: ktv602@mail.ru

А.А. Колтаков, В.П. Иванов, А.Ю. Харламов, А.В. Купцов

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ВИБРОСКОРОСТИ ПОЛА КАБИНЫ АЭРОДРОМНОГО КОНДИЦИОНЕРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШТАТНЫХ И РАЦИОНАЛЬНЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

Особенностью некоторых транспортно-технологических машин является способность работы их на разных режимах. При этом каждый режим работы характеризуется виброакустической энергией, которая чаще всего не отвечает требованиям нормативных документов. На основе численных исследований выявлена зависимость виброскорости пола кабины автомобиля от жесткости виброизоляторов и определены рациональные значения жесткости виброизоляторов при работе спецавтомобиля на разных режимах.

Ключевые слова: автомобиль, вибрация, виброизолятор, виброакустическая энергия, жесткость, математическая модель.

A.A. Koltakov, V.P. Ivanov, A.U. Kharlamov, A.V. Kupscov

THE RESULTS OF THE CALCULATION OF VIBRO-SPEEDS OF THE FLOOR OF THE CABIN OF THE AIR FIELD CONDITIONER AT USE AVAILABLE AND RATIONAL VIBRATION-ISOLATORS

Feature of some transport-technological cars is ability of their work on different operating modes. Thus each operating mode is characterized by vibration-acoustic energy which does not meet the requirements of normative documents more often. On the basis of numerical researches dependence of a vibro-speed of a floor of a cabin of the car from rigidity vibration-isolators is revealed and rational values of rigidity vibration-isolators are certain at work special car on different operating modes.

Keywords: car, vibration, vibration-isolator, vibrating acoustic energy, rigidity, mathematical model.

Среди большого разнообразия средств наземного обслуживания общего применения в особую группу выделяется теплотехнические средства. В эту группу входит аэродромный кондиционер АК-0,4-9А (АК). Особенностью АК является возможность работы на различ-

ных технологических режимах – обогрев, вентиляция, охлаждение. При этом образуется мощный аэродинамический шум и звуковая вибрация.

Многочисленные исследования и повседневная деятельность свидетельствуют, что вибрация оказывают на человеческий организм вредное влияние, следовательно, вопросы, связанные со снижением вибрации в кабине автомобиля, выдвигаются на передний план, так как направлены на безопасность жизнедеятельности.

На основе математической модели прогнозирования виброакустического процесса АК получены результаты расчета виброскорости пола кабины при использовании штатных и рациональных виброизоляторов на технологических режимах «обогрев» и «охлаждение», которые представлены на рисунках 1, 2.

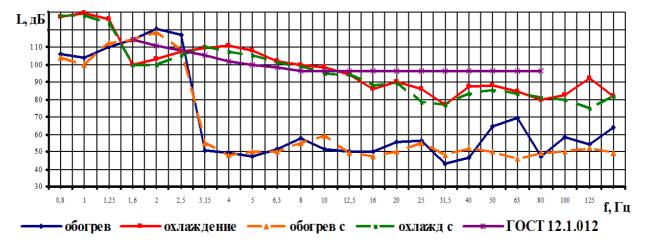


Рис. 1. Спектр виброскорости пола кабины АК-0,4-9А по оси у в 1/3-октавных полосах частот



Рис. 2. Спектр виброскорости пола кабины АК-0,4-9А по оси Z в 1/3-октавных полосах частот

Анализ рисунка 1 показывает, что на режиме «обогрев» по оси y на характерной частоте 63 Γ ц применение рационального виброизолятора позволило снизить виброскорость на 23 дБ до 49 дБ. В свою очередь виброскорость возрастает на частотах 10, 31,5 Γ ц, однако увеличение значения на 7,6 и 5,1дБ не существенно. При работе на режиме «охлаждение» наблюдается снижение виброскорости на характерной для максимума частоте 125 Γ ц на 17 дБ до 75дБ. Так же снижение виброскорости наблюдается на всем спектре частот. На среднегеометрических частотах 1,6; 2; 2,5.

По аналогии установлено, что на режиме «обогрев» по оси z (рисунок 2) на характерной частоте 63 Γ ц применение рационального виброизолятора позволило снизить виброскорость на 19 дБ до 42 дБ, что является хорошим результатом. В свою очередь виброскорость

возрастает на частотах 10, 25, 31,5 Γ ц, однако увеличение значения на 6,7; 4,8 и 3 дБ не существенно. При работе на режиме «охлаждение» наблюдается снижение виброскорости на характерной для максимума частоте 125 Γ ц на 20 дБ до 75дБ.

Выбор рациональных виброизолятор основывается на зависимости виброскорости пола кабины АК от жесткости виброизоляторов (рисунок 3).

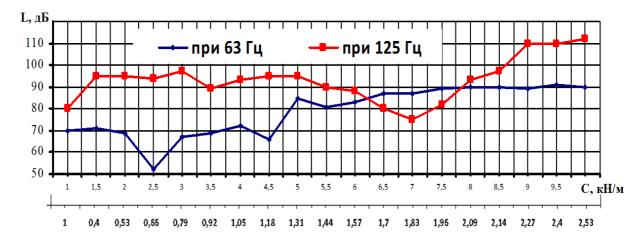


Рис. 3. Зависимость виброскорости пола кабины АК-0,4-9А по оси z от жесткости виброизоляторов

На рисунке 3 показано, что наименьшие значения виброскорости, обусловленной действием возмущающих сил частотой 63 Γ ц, 52 дБ и 66 дБ достигаются при значении жесткости виброизолятора 2,5 и 4,5 кН/м соответственно, при этом рациональный виброизолятор характеризуется жесткостью 2,5 кН/м. Наименьшее значение виброскорости обусловленной действием возмущающих сил частотой 125 Γ ц, 80 дБ и 75 дБ достигается при значении жесткости виброизолятора 1 и 7 кН/м соответственно, при этом рациональный виброизолятор характеризуется жесткостью 7 кН/м. Рациональные виброизоляторы, при которых виброскорость пола кабины по оси y наименьшая, имеют те же значения жесткости, что и по оси z.

Численные исследования проводились с использованием разработанного программного продукта для ЭВМ - «Методология прогнозирования виброакустических характеристик транспортно-технологических машин», зарегистрированных в ОФЭРНиО ФГНУ ИНИПИ РАО (№18707 от 26.11.2012 г. и №18708 от 26.11.2012 г). В результате удалось выявить зависимость виброскорости пола кабины АК от жесткости виброизоляторов и определить рациональные значения жесткости виброизоляторов при работе спецавтомобиля на разных режимах, позволяющие снизить звуковую вибрацию и обеспечить безопасные условия труда водителя-оператора.

Библиографический список

1. Вибрационная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.012-2004. – Введ. 01.07.2008. – М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2004. 28 с.

References

1. Vibrating safety. Common requirements: GOST 12.1.012-2004. – Operates since 01.07.2008. – M.: The interstate council on standardization, metrology and certification. 2004. 28 sec.

УДК 629.3

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева д. техн. наук, проф. кафедры Строительные и дорожные машины Ю.И. Молев, аспирант кафедры Строительные и дорожные машины Ю.В. Кошелев, аспирант кафедры Строительные и дорожные машины Д.А. Соколов г. Н. Новгород, тел. +7(831) 436-01-59

e-mail: amf@nntu.nnov.ru

Nizhny Novgorod state technical University. R.E.Alekseyev

D.Sc.(Engineerin), Prof. of the road vehicles Dept. Y.I. Molev,

post-graduate student of the road vehicles Dept. Y.V. Koshelev,

post-graduate student of the road vehicles Dept. D.A. Sokolov,

Russia.

Nizhny Novgorod, tel. +7 (831) 436-01-59

e-mail: amf@nntu.nnov.ru

Ю.И. Молев, Ю.В. Кошелев, Д.А. Соколов

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ СНЕГОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЭКСТРЕННОМ ТОРМОЖЕНИИ

В представленной статье рассматриваются проблемы обеспечения устойчивости прямолинейного движения снегоуборочной техники в условиях предотвращения дорожно-транспортного происшествия при выполнении технологической операции.

Ключевые слова: снегоуборочная машина, отвал, экстренное торможение, устойчивость движения, дорожно-транспортное происшествие.

Y.I.Molev, Y.V. Koshelev, D.A. Sokolov

THE PROBLEM OF STABILITY OF MOTION SNOW-REMOVING MACHINES IN THE EVENT OF EMERGENCY BRAKING

The article considers the problems of the ensure the sustainability of the rectilinear motion snow-removing machines in terms of preventing road traffic accident at performance of technological operation.

Keywords: snow machine, snow plough, emergency braking, stability of motion, road accident.

При выполнении технологических работ, связанных с уборкой снежного покрова с поверхности дорог коммунальные машины двигаются в общем транспортном потоке. При этом во время движения данных машин неизбежно возникают конфликтные ситуации с другими участниками движения, что иногда заканчиваются дорожно-транспортными происшествиями. Так исследуя дорожно-транспортные происшествия в Нижегородской области за 2002 – 2012 годы было установлено, что в 50% ДТП снегоуборочная техника становилась его участником ДТП исключительно по вине водителей других транспортных средств, ещё в 35-40% случаев водителями снегоуборочной техники не были учтены габариты рабочего органа и в 10-15% случаях ДТП было обусловлено неисправностью тормозной системы (в 2 случаях - недостаточная эффективность тормозов на спуске и перед остановившимися на светофоре транспортными средствами и в 1 случае – занос задней оси при торможении). ДТП связанных с недостаточной эффективностью рулевого механизма, в исследованной выборке из 5000 ДТП не обнаружено. Следует отметить, что в процентном соотношении величина ДТП связанных с неправильной работой тормозной системы у снегоуборочной технике связанных с изменением траектории движении при торможении примерно в два раза выше, чем у остальных участников движения [1]. Данный факт может быть объяснён исключительно наличием дополнительной боковой силой, действующей на базовую машину в момент торможения, со стороны отвала.

Расчётная схема для решения поставленной задачи приведена на рисунке 1 Её основным отличием от ранее применявшихся схем [1] заключается в наличии дополнительной силы сопротивления удаления снега, направленной под углом к движению транспортного средства, в результате чего на него начинают действовать как дополнительные сдвигающие силы R_Y , так и дополнительный поворачивающий момент M_δ .

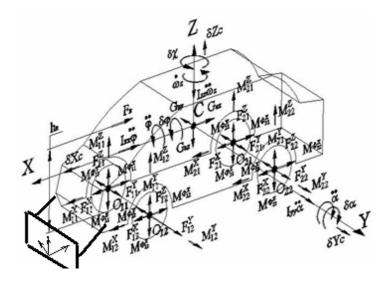


Рис. 1. Расчётная схема к модели движения автомобиля по неровной дороге

Дополнительный поворот транспортного средства обусловленного наличием боковой силы от установленного под углом к направлению движения снегоуборочного отвала будет определяться из уравнения:

$$\ddot{a} = \frac{F_c L_c \sin \psi - L_1 \Lambda_1 G \Delta \varphi}{J} = \frac{F_c L_c \sin \psi - \Lambda_1 L_1 G \Delta \varphi}{\sum_{i=1}^{N} m_i r_i^2} = \frac{F_c L_c \sin \psi - \Lambda_1 L_1 G \Delta \varphi}{\frac{mL^2}{16}} = \frac{(1, 6 \div 3, 2)g \left[L_c \sin \psi - \Lambda_1 L_1 \Delta \varphi\right]}{L^2}, \quad (1)$$

где α - угол поворота автомобиля, ψ - угол установки отвала, F_C = сила, развиваемая при удалении снега, m = масса автомобиля, L - база автомобиля, L_C - величина выноса снегоуборочного отвала за ось передних колёс, Λ_1 - коэффициент загрузки передних колёс, относительно задних, $\Delta \phi$ - разница в коэффициенте сцепления колёс передней и задней оси, G - вес автомобиля, приходящийся на переднюю ось, L_1 - расстояние от центра масс до оси передних колёс автомобиля, ω - угловая скорость поворота автомобиля, ε - угловое ускорение поворота автомобиля.

$$\omega = \frac{(1,6 \div 3,2)g\left[L_{C}\sin\psi - \Lambda_{1}L_{1}\Delta\varphi\right]}{L^{2}}t \text{ M } \varepsilon = \frac{(1,6 \div 3,2)g\left[L_{C}\sin\psi - \Lambda_{1}L_{1}\Delta\varphi\right]}{L^{2}}t^{2}$$
(2)

В условиях работы снегоуборочной техники, оснащённой скоростным отвалом на поверхности дороги остаётся небольшой слой снега, толщина которого, в зависимости от скорости уборки и способа крепления отвала может колебаться от 0 до 0,01 м. величина $\Delta \varphi$ в реальных условиях находится в пределах от 0,1-0,3. Для обеспечения качественной очистки дорог, коммунальные машины, с целью повышения сцепного веса работают при полной загрузке в результате чего коэффициент перераспределения нагрузки Λ_1 будет близко к 0,5. В

то же время колёсная база автомобиля для современной снегоуборочной техники составляет 70 – 75% от общей длины автомобиля, а расстояние выноса отвала от центра масс около 50% от общей длины автомобиля. С учётом вышеперечисленных факторов величина поворота автомобиля может быть описана зависимостью:

$$\varepsilon = \frac{(0.8 \div 1.6)g \left[\sin \psi - (0.07 - 0.20)\right]}{L} t^2$$
 (3)

Решение данного уравнения показано на рисунке 2.

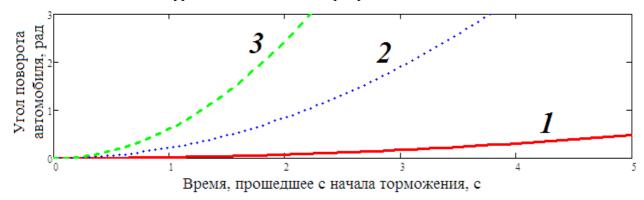


Рис. 2. Зависимость угла поворота снегоуборочной машины от времени с начала момента торможения: 1- для угла установки отвала, равного 5^0 ; 2- для угла установки отвала 15^0 ; 3- для угла установки отвала, равного 20^0

Согласно требованиям ОСТ 37.001.067—86 «Тормозные свойства автотранспортных средств. Методы испытаний» [5] предельный угол поворота транспортных средств при торможении не должен превышать 8^0 (или 0,14 рад.). Тогда условие торможения автомобиля, оснащённого снегоуборочным отвалом будет иметь вид:

$$\varepsilon = \frac{gF_C}{G} L_C \sin \psi - \Lambda_1 L_1 \Delta \varphi$$

$$L^2 \qquad t^2 \le 0.14$$
, (4)

$$t = L \sqrt{\frac{\varepsilon}{\frac{gF_C}{G}L_C\sin\psi - \Lambda_1L_1\Delta\varphi}}.$$
 (5)

С учётом того, что время торможения может быть найдено из динамики торможения, получим:

$$L\sqrt{\frac{\varepsilon}{\frac{gF_{C}}{G}}L_{C}\sin\psi-\Lambda_{1}L_{1}\Delta\varphi} = \frac{v}{g\varphi} \to v \le L\sqrt{\frac{\varepsilon g^{2}\varphi^{2}}{\frac{gF_{C}}{G}}L_{C}\sin\psi-\Lambda_{1}L_{1}\Delta\varphi}$$
(6)

Так как в знаменателе величина первого члена на порядок больше второго, а также в связи с тем, что направление действия силы со стороны отвала могут не совпадать с направлением разворота автомобиля вследствие неравномерности тормозных сил то уравнение 6 можно записать в виде:

$$v \le L \sqrt{\frac{\varepsilon g \varphi^2}{\frac{F_C}{G} L_C \sin \psi}} \tag{7}$$

В графическом виде зависимость между скоростью движения автомобиля и углом установки отвала показана на рисунке 3.

ВЫВОД: Получены данные, обеспечивающие безопасность движения снегоуборочной техники при выполнении технологических операций на дорогах общего пользования за счёт стандартизации параметров торможения с остальными транспортными средствами, участвующими в дорожном движении

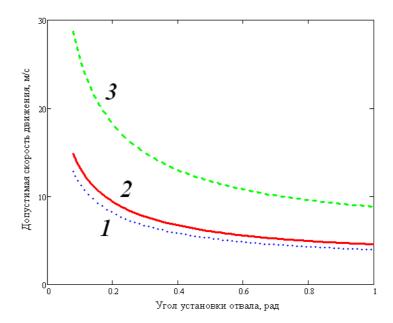


Рис.3. Зависимость максимальной скорости движения снегоуборочной техники от угла установки отвала: 1 – для КО 836 на базе тракторов МТЗ 82 и МТЗ-80; 2 – для КО – 829 на базе автомобиля ЗиЛ 433362 и ЗиЛ 494560, 3 – для КО – 507 на базе автомобилей КАМАЗ 65115 для отвала, расположенного в пределах базы автомобиля

Библиографический список

- 1. Баловнев В.И., Кустарёв Г.В., Локшин Е.С. и др. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учебник. 2 издание переработанное и дополненное/ Под ред. В.И. Баловнева.-Москва Омск: Изд-во СибАДИ, 2001.-528 с.
- 2. Куляшов А.П., Молев Ю.И., Шапкин В.А. Зимнее содержание дорог.- Н.Новгород, НГТУ, $2006.-318~\mathrm{c}.$
- 3. Соцков Д.А. Повышение активной безопасности автотранспортных средств при торможении. Дисс. доктора техн.наук. 05.05.03. Владимир, 1988. 547 с.
- 4. ОСТ 37.001.067—86 «Тормозные свойства автотранспортных средств. Методы испытаний».

References

- 1. V.I. Balovnev, G.V. Kustarev, E.S. Lokshin and others The road-building machines and complexes. Moscow- Omsk: «Sibady», 2001, 528 sec.
- 2. A.P. Kulyashov, Y.I. Molev, V.A. Shapkin K. Fletcher, Winter maintenance of roads., Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod state technical University. R.E.Alekseyev 2006, 318 sec.
- 3. D.A.Sothkov. Active safety of vehicles during braking. thesis of doctor of technical Sciences., Vladimir: 1988 547 sec.
 - 4. Branch standard OST 37.001.067-86 Braking properties of motor vehicles. Test methods.

УДК 691.878

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной техники и инженерной механики С.А. Никитин.

Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной техники и инженерной механики Н.М. Волков,

Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной техники и инженерной механики Д.Н. Дегтев,

Магистранты кафедры строительной техники и инженерной механики В.О. Воропаев, А.С. Воронов Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)271-59-18 e-mail: niksal76@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Kand. Tehn. Sciencts, assistant professor of the chair of building technique and mechanics engineering S.A. Nikitin

Kand. Tehn. Sciencts, assistant professor of the chair of building technique and mechanics engineering N.M. Volkov

Kand. Tehn. Sciencts, assistant professor of the chair of building technique and mechanics engineering D.N. Dyogtev

Undergraduates of the pulpit of the chair of building technique and mechanics engineering A.S. Voropaev, V.O.Voronov

Russia, Voronezh, tel. 8(473)271-59-18 e-mail: niksal76@mail.ru

С.А. Никитин, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, В.О. Воропаев, А.С. Воронов

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЫСТРОПЕРЕМЕННЫХ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Представлены результаты численных исследований по снижению шума в кабине снегоочистителя методом конечных элементов.

Ключевые слова: метод конечных элементов, шум, виброакустика.

S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, V.O. Voropaev, A.S. Voronov

NUMERICAL RESEARCH OF A RAPIDLY VARYING VIBROACOUSTIC PROCESSES USING THE FINITE ELEMENT METHOD

The results of numerical research of noise reduction in the loader-mount snowblower cabin by the finite element method are presented.

Keywords: finite element method, noise, vibroacoustic.

В инженерной практике часто возникает необходимость выполнения динамических расчетов конструкций и сооружений с учетом их взаимодействия с окружающей средой, например, с грунтовым основанием, с жидкостями или воздухом. Выполнение таких расчетов позволяет решать следующие задачи:

- Оценка уровня колебаний зданий и сооружений, находящихся вблизи мощных источников возмущений в среде, таких как взрывные работы, ударно-вибрационное технологическое оборудование (кузнечные молоты, прессы, вибраторы), работы по забивке свай, поток проходящего рядом автотранспорта;
- Определение степени виброакустического воздействия на организм человека, находящегося в зоне перечисленных источников возмущения, с учетом влияния элементов окружающей его конструкции (стен и перекрытий зданий, защитных экранов и т.п.);

- Исследование волновых процессов в элементах несущих конструкций от специальных ударных воздействий, производимых с целью обнаружения скрытых неоднородностей (арматурных стержней, пустотных полостей, трещин и т.д.) и т.п.;
- Моделирование сейсмического воздействия неоднородного грунтового основания на сооружения и коммуникации.

Метод конечных элементов является аналитической процедурой, интенсивная разработка которой велась в течение сравнительно короткого промежутка времени. Ключевая идея метода при анализе поведения конструкций заключается в следующем: сплошная среда (конструкция в целом) моделируется путем разбиения ее на области (конечные элементы), в каждой из которых поведение среды, описывается с помощью отдельного набора выбранных функций, представляющих напряжения и перемещения в указанной области. Эти наборы функций часто задаются в такой форме, чтобы удовлетворять условиям непрерывности описываемых ими характеристик во всей среде. Таким образом, если конструкция в целом неоднородна и состоит из большого количества отдельных конструктивных элементов, поведение каждого из которых описывается своим дифференциальным уравнением, то в этом случае, как правило, можно применить метод конечных элементов [1].

В основе метода конечных элементов лежит вариационный интегральный принцип Лагранжа. Суть принципа Лагранжа заключается в утверждении, что в системах, стесненных идеальными стационарными внутренними связями и находящихся под действием потенциальных сил, не зависящих явно от времени, из множества кинематически допустимых перемещений, соответствующих заданным условиям, те, которые удовлетворяют условиям равновесия, придают потенциальной энергии системы стационарное значение. Если начальное и конечное положение системы достаточно близки, то действие по Лагранжу имеет минимум для действительного движения. В связи с этим принцип Лагранжа называется также принципом наименьшего действия в форме Лагранжа, то есть одним из фундаментальных принципов механики. Согласно принципу Лагранжа, в состоянии устойчивого равновесия значение потенциальной энергии системы минимально. Из вариационного принципа Лагранжа следует, что в состоянии равновесия системы каждый из ее элементов также находится в равновесии, которое соответствует равновесному состоянию всей системы. Принцип Лагранжа устанавливает также пропорциональную связь между силами и перемещениями элементов системы. Как видно, из достаточно специализированного описания сущности принципа Лагранжа следуют простые, практически используемые положения.

Рассчитываемая система расчленяется на некоторое число отдельных элементов конечных размеров, неразрывно связанных между собой в узловых точках, для которых должен быть известен характер соотношения между перемещениями и реакциями в узлах. Таким образом, генерируется сетка из конечных элементов простой геометрической формы, которая с достаточной степенью точности аппроксимирует конкретную конструкцию.

Исследования быстропеременных процессов при помощи метода конечных элементов проводились на примере дорожного шнекороторного снегоочистителя ДЭ-210, общий вид которой представлен на рис.1. Выбор машины обуславливался повышенным уровнем шума в кабине оператора — 83 дБА [2].

Для выполнения таких расчетов разработана программа ZVUK на основе метода конечных элементов в рамках плоской динамической задачи. Данная программа позволяет учитывать внешние кинематические воздействия, которые задаются в виде силовых и кинематических возмущений периодического или одиночного характера (для определения структурного шума), или в виде акустических источников звука (для определения воздушного шума).



Рис. 1. Внешний вид шнекороторного снегоочистителя

Упругая среда представляется в виде прямоугольной расчетной области (PO) с заданием различных граничных условий на каждой стороне: свободный край, упругое или жесткое закрепление на локальных участках, демпфирующие связи, гасящие отраженные волны. Эффект гашения отраженных волн позволяет на ограниченной PO моделировать расчетную схему с бесконечно удаленными границами.

Упругая среда топологической схемы представляется в виде прямоугольной расчетной области с заданием различных граничных условий на каждой стороне: свободный край, упругое или жесткое закрепление на локальных участках, демпфирующие связи, гасящие отраженные волны.

Стержневая рамная конструкция, представленная на рис. 2, топологически описывается отдельной системой макроузлов и макроэлементов, которые затем автоматически разбиваются программой на стержневые конечные элементы, причем их длина согласуется с размером конечного элемента среды.

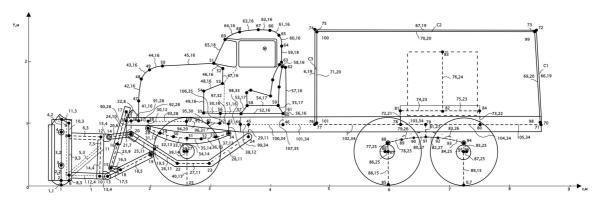


Рис. 2. Топологическая схема дорожной шнекороторной снегоочистительной машины ДЭ-210 при аппроксимации ее конечными элементами

В процессе расчета программа ZVUK позволяет получить векторную анимацию быстропеременных процессов, представленную на рис.3. Синим цветом представляются зоны растяжения, красным – зоны сжатия упругой среды.

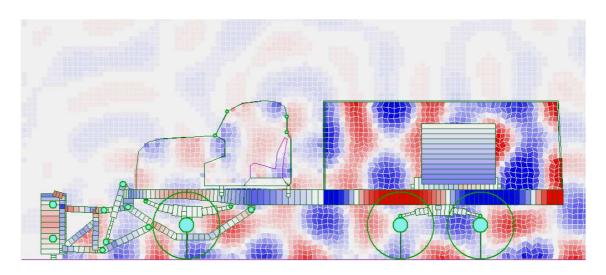


Рис. 3. Анимация виброакустического процесса

Для оценки акустического воздействия на водителя-оператора дорожной шнекороторной снегоочистительной машины осуществлялось проведение спектрального анализа полученных графиков (образец представлен на на рис.4), и последующего сравнения со значениями соответствующих величин, указанных в нормах. Следует отметить, что данные предельные значения величин указываются в октавных и 1/3-октавных полосах частот, так как интенсивность воздействия виброакустических процессов на человека в значительной мере зависит от текущего значения частоты f.



Рис. 4. Спектрограмма уровня звукового давления в расчетной точке в 1/3-октавных полосах частот

С целью снижения уровня звукового давления в кабине шнекороторного снегоочистителя, были проведены численные исследования, для чего кабина машины была капотирована звукопоглощающими конструкциями (ЗПК), разработанными в научно-исследовательской лаборатории ВГАСУ [3,4].

Результаты численного эксперимента в октавных полосах частот представлены в таблице.

Уровни звукового давления в кабине

Среднегеометриче- ские частоты октав- ных полос, Гц	Уровень звукового давления в кабине со штатной звукоизоляцией, дБ	Уровень звукового давления согласно ГОСТ 30691–01, дБ	Уровень звукового давления в кабине с применением ЗПК, дБ
31,5	110,9	107	110,9
63	99,5	95	99,5
125	91,9	87	90,1
250	82,1	82	78
500	80,5	78	75,2
1000	75,8	75	70,1
2000	71,5	73	67,1
4000	68,3	71	62,4
8000	64,6	69	64,6
УЗД, дБА	83,2	80	79,9

Выводы

- 1. Разработанная математическая модель и программный комплекс «ZVUK» позволяют проводить численные исследования быстропеременных (виброакустических) процессов без изменения в конструкции реального образца снегоочистителя за счет изменения топологической схемы шнекороторного снегоочистителя.
- 2. Использование опытных звукопоглощающих конструкций позволяет снизить уровень звука в кабине до нормативного значения.

Библиографический список

- 1. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Дуплищев С.М., Кравченко А.А., Никитин С.А., Покачалов А.С. Методология прогнозирования виброакустических параметров тяговых машин. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 9. С. 121-124.
- 2. Никитин С.А. Шнекороторный снегоочиститель с улучшенными виброакустическими характеристиками. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2004.
- 3. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Дегтев Д.Н., Муравьев А.В., Волков Н.М., Харламов А.Ю. Звукоподавляющая ячеистая панель. Патент на изобретение RUS 2239238 18.03.2003.
- 4. Дегтев Д.Н. Повышение эффективности виброакустической защиты колесных погрузчиков среднемощностного модельного ряда. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2006.
- 5. Жулай В.А. Математическая модель вала зубчатой передачи. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 1. С. 78-87.
- 6. Жулай В.А. Виброакустическая диагностика износа зубчатых передач строительных машин. Механизация строительства. 2007. №3. С. 11-13.

References

- 1. Ustinov Y. F, N.M. Volkov, Degtev D.N, Duplishev S.M, A.A. Kravchenko, S.A. Nikitin, A.S. Pokachalov. Methodology for predicting vibro-acoustic parameters of traction machines. News of higher educational institutions. Construction. 2003. Number 9. S. 121-124.
- 2. S.A.Nikitin. Loader-mount snowblower with improved vibroacoustic characteristics. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2004.

- 3. Ustinov Y.F., Muraviev V.A., Degtev D.N., Muraviev A.V., Volkov N.M., A. Kharlamov. Zvukopodavlyayuschaya mesh panel. A patent for an invention RUS 2239238 18.03.2003.
- 4. Degtev D.N. Improving the efficiency of vibro-acoustic protection of wheel loaders sred-nemoschnostnogo lineup. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Voronezh, 2006.

УДК 621.878.62 (27)

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Д-р техн. наук, проф., кафедры «Строительной и техники и технической механики» В.А. Нилов Магистрант кафедры «Строительной и техники и технической механики» Н.Э. Оганнисян Россия, г. Воронеж, тел. 8-(473)-277-01-29 e-mail: pmptm@vorstu.ru

Voronezh State University
of Architecture and Civil Engineering
Dr. Technical sciences, prof., Chair
«Building and technicians and the engineering
mechanics» V.A. Nilov
Magistracy Chair «Building and technicians
and the engineering mechanics»
N. Ogannisjan
Russia, Voronezh, tel. 8-(473)-277-01-29
e-mail: pmptm@vorstu.ru

В.А. Нилов, Н.Э. Оганнисян

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СКРЕПЕРНОГО ПОЕЗДА

В статье рассмотрен вопрос о рациональном агрегатировании скреперов. Приведены сравнительные результаты экономико-математического моделирования. Показана технико-экономическая целесообразность проектирования двухковшового поезда к колесному тягачу.

Ключевые слова: скрепер, поезд, моделирование, экономическая целесообразность.

V.A. Nilov, A.D. Ogannisjan

MOTIVATION OF DESIGN OF SCRAPER TRAIN

In article the question about rational designing scrapers is considered. Comparative results of economic-mathematical modeling are resulted. The technical and economic expediency of designing two ladles trains to the wheel tractor is shown.

Key words: a scraper, a train, modeling, economic feasibility.

Скреперные агрегаты (СА) должны широко применяться в современном дорожном и мелиоративном строительстве благодаря выполнению ими сразу нескольких технологических операций: разработка грунта, его перемещение на расстояние до 5 км по землевозным дорогам, укладка грунта слоем заданной толщины и его предварительной уплотнение. Именно благодаря этим возможностям скреперы превосходят комплект машин, состоящий из универсального экскаватора и самосвалов, по технико-экономическим показателям.

Оценить технико-экономические показатели СА, как на стадии проектирования, так и при их эксплуатации можно, применяя экономико-математическое моделирование [1], основанное на подробном математическом описании всех выполняемых технологических процессов и операций по их техническому обслуживанию. В современных условиях подобные расчеты принято выполнять с помощью ЭВМ-программ [2, 3, 4].

Для снижения экологической нагрузки на окружающую среду важно применять не гусеничные, а колесные СА, обладающие высокой производительностью и меньшими энергозатратами (исключение дополнительных толкачей). Эту серьезную задачу можно решить за счет рационального агрегатирования уже имеющихся в эксплуатации скреперов путем сравнения их технико-экономических показателей [5]. При этом нужно учитывать, что производительность СА можно увеличивать за счет повышения развиваемой силы тяги или путем снижения технологического сопротивления машины при работе.

На рис. 1 приведены технико-экономические показатели работы прицепного скрепера вместимостью $4,5\,\mathrm{m}^3$ к гусеничному тягачу T- $150\,\mathrm{npu}$ самонаборе, которые четко демонстрируют зоны рационального объема перевозимого грунта.

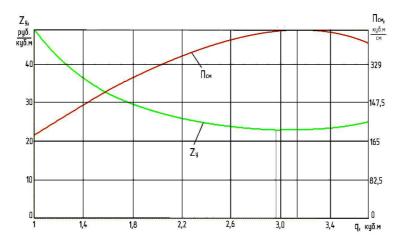


Рис. 1. Влияние вместимости ковша на технико-экономические показатели скрепера

Улучшить технико-экономические показатели работы прицепного скрепера можно за счет увеличения силы тяги (применение толкача Т-150) и увеличения скорости транспортирования грунта (колесный тягач Т-150К). Расчеты показывают существенное увеличение производительности при осуществлении таких мер (рис. 2).

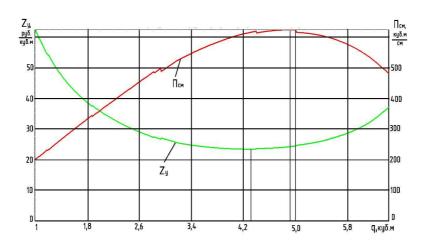


Рис. 2. Технико-экономические показатели скрепера ДЗ-111 с колесным тягачом и гусеничным толкачом Т-150

В этом случае рациональная вместимость ковша составляет $4,2...4,8~\text{м}^3$. Максимальная сменная производительность — $628~\text{m}^3/\text{см}$, а приведенные удельные затраты (дальность транспортирования 100~м) равны $23,5~\text{руб./m}^3$. Эти данные вполне соответствуют серийному скреперу Д3-111 с тягачом Т-150К.

Исследованиями [6] показано положительное влияние на производительность скрепера уменьшения ширины резания при копании грунта до значений 0,6...0,65 ширины ковша (рис. 3), что позволяет уменьшить сопротивление копанию на 30...40 %.

Результаты моделирования рабочего процесса прицепного CA с уменьшенной шириной резания к тягачу Т-150К без применения толкача приведены на рис. 4. Они показывают существенное улучшение процесса копания и соответствующее улучшение технических и экономических показателей работы CA.

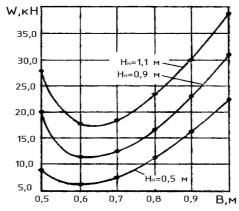


Рис. 3. Влияние ширины резания на сопротивление копанию [6]

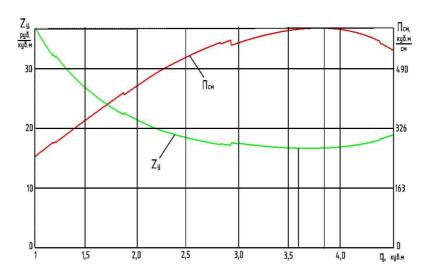


Рис. 4. Влияние уменьшения ширины резания

Уменьшение ширины резания существенно увеличивает рациональный объем перевозимого грунта (до $3,6...4,0\,\mathrm{m}^3$), повышает производительность до $597\,\mathrm{m}^3$ /см и снижает приведенные удельные затраты до значений существенно меньше, чем при работе с дополнительным толкачом ($16,8\,\mathrm{py6./m}^3$). В таблице 1 приведены обобщенные данные о влиянии состава и конструкции скреперного агрегата на его технико-экономические показатели.

Таблица 1 Влияние состава и конструкции СА на его технико-экономические показатели (колесный тягач Т-150К с прицепным скрепером, дальность возки 100 м)

		Рациональный	Максимальная произ-	Минимальные
п/п	Состав агрегата:	объем грунта в	водительность, м ³ /см	приведенные
		ковше, м ³		затраты, руб./м ³
1	с толкачом Т-150	4,24,8	628	23,5
2	самонабор ширина реза-			
	ния уменьшена	3,64,0	597	16,8
3	самонабор, ширина реза-			
	ния уменьшена, увеличен	5,05,5	788	13,43
	сцепной вес тягача			

Из полученных данных видно, что минимальные приведенные затраты обеспечивает скреперный агрегат, работающий без дополнительного толкача, но имеющий увеличенный спепной вес.

Наибольший эффект можно получить при сочетании рассмотренных выше факторов: колесный тягач, отсутствие толкача (самонабор) и уменьшение ширины резания. Для уменьшения ширины резания (совковый режущий орган [6]) необходима реконструкция ковша в его наиболее нагруженной режущей части. Поэтому при создании нового скреперного агрегата следует так уменьшить ширину резания, чтобы одновременно снизить и высоту заполнения ковша. Такое конструктивное решение возможно и оно заключается в создании двухковшового скреперного поезда постоянного состава к колесному тягачу (рис. 5), причем первый ковш следует выполнить полуприцепным (для увеличения сцепного веса колесного тягача), а вместимость каждого ковша назначить вдвое меньше стандартного (8 м³).

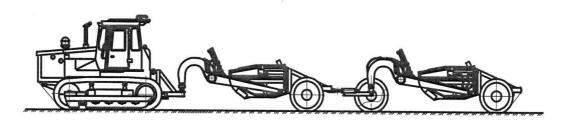


Рис. 5. Скреперный поезд

Применение в поезде энергонасыщенного колесного трактора K-701 существенно увеличит транспортные скорости скреперного поезда, а увеличение его сцепного веса за счет полуприцепной навески переднего ковша способствует увеличению силы тяги. Эти технические решения одновременно с уменьшение ширины резания и высоты заполнения ковшей способствуют обеспечению самонабора грунта без дополнительного толкача.

Проведенные расчеты показали обоснованность такого технического решения и отражены в таблице 2.

Таблица 2 Технико-экономические показатели сравниваемых скреперных агрегатов (дальность перемещения грунта 100 м)

п/п	Показатели	Состав агрегата	
		эталон	новый (поезд)
1	Вместимость ковшей, м ³	8	2 по 4,5
2	Толкач Т-130	есть	нет
3	Ширина резания, м	2,65	2,43
4	Высота заполнения, м	1,586	1,24
5	Сцепной вес, кН	134	144/163
6	Глубина резания, м	0,1	0,083/0,093
7	Путь копания, м	34	46,3
8	Сменная производительность, м ³ /см	70,0	78,37
9	Примерная стоимость агрегата, тыс. руб.	4 687	3 966

Выполненные расчеты служат обоснованием для проектирования скреперного поезда постоянного состава, включающего колесный тягач K-701 в агрегате с двумя ковшами вместимостью по 4,5 м³, причем первый ковш выполнен полуприцепным.

Библиографический список

- 1. Борисенков В.А. Оптимизация скреперных агрегатов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. 248 с.
- 2. Нилов В.А., Иванищев П.И. Экономико-математическое моделирование скреперных агрегатов (алгоритм) / Свидетельство № 2010612814, заяв. № 2009617251. Дата поступл. 18.12.2009, регистрация $23.04\ 2010\ \Gamma \text{ОУВПО}\ \text{ВГТУ}$.
- 3. Жулай В.А., Енин В.И., Серов А.А. Моделирование работы автогрейдера с объемным гидроприводом переднего моста // Строительные и дорожные машины. 2007. № 10. С. 44-45.
- 4. Жулай В.А., Енин В.И., Крестников А.В. Математическое описание скоростных характеристик двигателей строительных и дорожных машин // Материалы 14-ой Межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». Научный вестник ВГАСУ, Воронеж. 2011. С. 196-200.
- 5. Нилов В.А., Косенко А.А., Сидоров А.А., Марфенко В.В. Поиск рациональной вместимости ковша скреперного агрегата // Материалы 14-ой Межрегиональной научнопрактической конференции «Высокие технологии в экологии». Научный вестник ВГАСУ, Воронеж. 2011. С. 211-125.
- 6. Борисенков В.А., Кацин В.А. Исследование работы скрепера с совковым режущим органом // Транспортное строительство. 1972. № 12. С. 50-51.

References

- 1. Borisenkov V.A. Optimization scraper's units. Voronezh: Publishing house VGU, 1990. 248 p.
- 2. Nilov V.A., Ivanishchev P.I. Economic-mathematical modeling scraper's units (algorithm) / the Certificate № 2010612814, declare № 2009617251. Date joining 12/18/2009, registration of 23.04 2010 GOUVPO VSTU.
- 3. Zhulaj V.A., Enin V.I., Serov A.A. Modeling of work of an auto grader with a volume hydro drive of the forward bridge // Building and road cars. -2007. № 10. P. 44-45.
- 4. Zhulaj V.A, Enin V.I, Krestnikov A.V. Mathematician's description of high-speed characteristics of engines of building and road cars // Materials of 14th Inter-regional scientifically-practical conference «High technologies in ecology». Scientific bulletin B Γ ACY, Voronezh. 2011. P. 196-200.
- 5. Nilov V.A, Kosenko A.A., Sidorov A.A., Marfenko V.V. Searches of rational capacity of a ladle скреперного the unit // Materials of 14th Inter-regional scientifically-practical conference «High technologies in ecology». Scientific bulletin BГАСУ, Voronezh. 2011. P. 211-125.
- 6. Borisenkov V.A., Katsin V.A. Research of work of a scraper with sovok cutting body // Transport building. − 1972. − № 12. − P. 50-51.

УДК 621.878:629.110

Киевский национальный университет строительства и архитектуры Канд. техн. наук, проф. Л.Е. Пелевин Ассистент М.Н. Балака Украина, г. Киев, тел. +38(067) 995-53-89 е-таіl: balaka maxim@ukr.net Николаевский строительный колледж Преподаватель Г.А. Аржаев Украина, г. Николаев Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доц. А.В. Василенко Д-р. техн. наук, проф. Ю.Ф. Устинов Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18 е-таіl: madf_vgasu@mail.ru

Kiev National University of Construction and Architecture
Cand. Sci. Tech., Prof. L.Ye. Pelevin
Assistant M.N. Balaka
Ukraine, Kiev, tel. +38(067) 995-53-89
e-mail: balaka maxim@ukr.net
Nikolaev Building College
Lecturer G.A. Arzhaev
Ukraine, Nikolaev
Voronezh State University of Architecture and
Civil Engineering
Cand. Sci. Tech., Assistant prof. A.V. Vasilenko
Dr. Sci. Tech., Prof. Yu.F. Ustinov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18

e-mail: madf_vgasu@mail.ru

Л.Е. Пелевин, М.Н. Балака, Г.А. Аржаев, А.В. Василенко, Ю.Ф. Устинов

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ ПРИ КАЧЕНИИ ЭЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА ПО ПЛОСКОЙ ДЕФОРМИРУЮЩЕЙСЯ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Проведен анализ существующих моделей кинематических соотношений при качении колеса с пневматической шиной по плоской деформирующейся опорной поверхности в области их контакта.

Ключевые слова: качение колеса, кинематика, эластичное колесо, опорная поверхность, деформация, проскальзывание.

L.Ye. Pelevin, M.N. Balaka, G.A. Arzhaev, A.V. Vasilenko, Yu.F. Ustinov

KINEMATIC RELATIONS OF ELASTIC WHEEL ROLLING ALONG A FLAT DEFORMABLE BEARING SURFACE

The analysis of existing models of kinematic relations wheel rolling with the pneumatic tyre along a flat deformable bearing surface in their contact.

Keywords: rolling wheel, kinematics, elastic wheel, bearing surface, deformation, slip.

Качение колеса с пневматической шиной (эластичного колеса – ЭК) по плоской деформирующейся опорной поверхности – ПДОП (почве, снежной целине, грунту) на разных режимах его силовой нагрузки, обязательно сопровождается явлением проскальзывания (скольжения) элементов протектора шины относительно опорной поверхности [1]. Оно, вследствие трения скольжения, с одной стороны, существенно влияет на тягово-сцепные свойства движителя [2], а с другой стороны – на износ протектора шины [3] и срок ее службы в основном по указанной причине [4].

Явление проскальзывания (скольжения) ЭК при прямолинейном движении по ПДОП подробно исследовано в [2] и уточнено в [5]. Вместе с тем, к основным недостаткам последней модели взаимодействия ЭК с ПДОП следует отнести так же, как в [2], априорное приня-

тие формы продольной лини контакта, как в зоне загрузки, так и в зоне разгрузки дугами радиусов R_1 и R_2 , а также несовпадение направлений деформаций одновременно контактирующих тел.

В работе [6] впервые, без ограничений, кроме геометрических и кинематических, теоретически получены уравнения продольной линии контакта ЭК с ПДОП в виде моделей, составленных из бесконечно большого числа элементов различной реологической природы, т.е. параллельно расположенных тел Гука, Ньютона и Сен-Венана для ЭК и Гука, Ньютона для ПДОП, которые одновременно деформируются в радиальном направлении [7], рис. 1. На основании этого получены теоретические зависимости скорости проскальзывания элементов протектора пневматической шины относительно опорной поверхности от коэффициента буксования движителя [8].

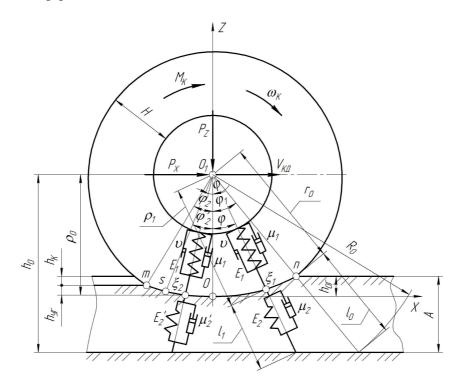


Рис. 1. Схема силового взаимодействия ЭК с ПДОП при качении колеса (при действии на ось колеса только силы P_X для ведомого режима его силовой нагрузки, а в случае приложения к колесу только крутящего момента M_K – для свободного режима): A – величина деформируемого слоя грунта

Задачей представленных исследований является сравнение существующих моделей [5, 8] кинематических соотношений при качении ЭК по ПДОП и анализ их влияния на тяговосцепные свойства движителя и износ протектора пневматической шины.

Основные допущения, которые применялись при теоретических исследованиях кинематики качения ЭК по ПДОП в работах [5, 8], в значительной мере, отвечают методологическим положениям, принятым авторами этих работ из [9]. Вместе с тем, ряд допущений из [5] приводит к разным (по величине) конечным результатам [8] по отношению к кинематическим соотношениям в области контакта ЭК с ПДОП.

Во-первых, как отмечено раньше [6], это априорное принятие [5] формы продольной линии контакта в зонах загрузки (nO) и разгрузки (Om) дугами радиусов соответственно R_1 и R_2 (рис. 2a). Определение этих радиусов (в наших обозначениях) осуществляется по приближенным выражениям [10]:

$$R_{I} = r_{0} \left(1 + \frac{h_{Z0}}{h_{O\Gamma}} \right); \quad R_{2} = r_{0} \left(1 + \frac{h_{Z0}}{h_{V\Gamma}} \right),$$

где r_0 – радиус недеформированного профиля пневматической шины, т.е. ее профиля вне области контакта с ПДОП;

 $h_{\!\scriptscriptstyle Z0}$ – нормальный прогиб шины;

 $h_{O\!\Gamma}$, $h_{y\!\Gamma}$ — соответственно общая и упругая деформации опорной поверхности (грунта).

Во-вторых, в [5] принято, что шина деформируется в радиальном направлении, а опорная поверхность (грунт) — в направлении нормали к поверхности контакта, т.е. в направлении радиусов R_1 и R_2 . В работе [8] указанные деформации в соответствии с принятыми моделями ЭК и ПДОП [7] возникают одновременно в радиальном направлении (рис. 26).

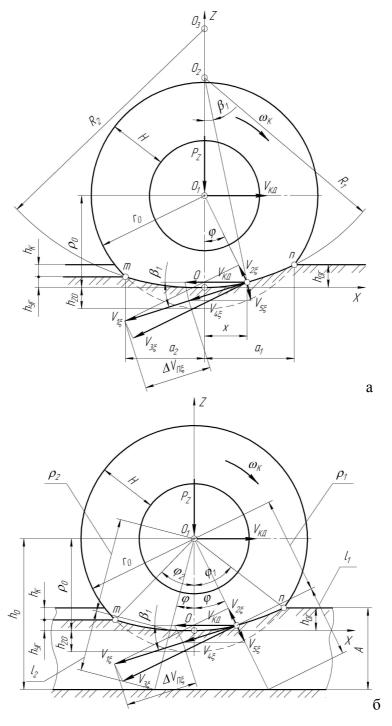


Рис. 2. Схемы для исследования кинематики качения ЭК по ПДОП: a- согласно с [5]; б- согласно с [8]

Проанализируем зависимости скорости проскальзывания произвольного элемента протектора пневматической шины (ЭК) в области ее контакта с ПДОП, т.е. $\Delta V_{IIi\xi} = \Delta V_{IIi\xi}(x)$ для модели [5] и $\Delta V_{IIi\xi} = \Delta V_{IIi\xi}(\phi)$ для модели [8].

Для модели взаимодействия ЭК с ПДОП согласно с [5] имеем

$$\Delta V_{\Pi i \xi} = \frac{\omega_{\kappa} \rho_{0} \left(1 + \left(\frac{R_{i}}{\rho_{0}} - 1 \right) \frac{x^{2}}{R_{i} \rho_{0}} \right)}{1 + \left(\frac{R_{i}}{\rho_{0}} - 1 \right) \frac{x^{2}}{2R_{i}^{2}}} - V_{K J} \left(1 - \frac{x^{2}}{2R_{i}^{2}} \right), \tag{1}$$

где $\rho_0 = r_0 - h_{Z_0}$; индекс *i* при *R* соответствует 1 для зоны загрузки (*nO*), 2 – разгрузки (*Om*).

Представим выражение для $V_{\rm KД}$ в (1) в виде $V_{\rm KД} = \omega_{\rm K} \rho_0 / \theta_0$ или согласно с [2] $V_{\rm KД} \approx \omega_{\rm K} \rho_0 (1-\delta)$, где θ_0 и δ – соответственно коэффициент проскальзывания центральной опорной точки – O (рис. 2) ЭК и коэффициент буксования движителя (коэффициент продольного скольжения колеса при буксовании [1]).

Тогда из выражения (1) получим

$$\Delta V_{IIi\xi} = \omega_{K} \rho_{0} \left[\frac{\left(1 + \left(\frac{R_{i}}{\rho_{0}} - 1\right) \frac{x^{2}}{R_{i} \rho_{0}}\right)}{1 + \left(\frac{R_{i}}{\rho_{0}} - 1\right) \frac{x^{2}}{2R_{i}^{2}}} - (1 - \delta) \left(1 - \frac{x^{2}}{2R_{i}^{2}}\right) \right].$$

Соответственно для модели взаимодействия ЭК с ПДОП согласно с [8] получим: в зоне загрузки (nO)

$$\Delta V_{\Pi I \xi} = \omega_{\kappa} [A_I - B_I (I - \delta)]; \tag{2}$$

в зоне разгрузки (От)

$$\Delta V_{II2\xi} = \omega_K [A_2 - B_2(I - \delta)], \tag{3}$$

гле

$$\begin{split} A_{I} &= \frac{\sqrt{d_{I}^{2} + c_{I} \cdot \cos^{3} \varphi(c_{I} \cdot \cos \varphi + 2d_{I})}}{\cos^{2} \varphi}; \\ A_{2} &= \frac{\sqrt{d_{2}^{2} [1 - \cos^{3} \varphi(2 - \cos \varphi)] + c_{2} \cdot \cos^{2} \varphi[c_{2} \cdot \cos^{2} \varphi + 2d_{2}(1 - \cos \varphi)]}}{\cos^{2} \varphi}; \\ B_{I} &= \rho_{0} \frac{\sin(90^{\circ} - \varphi)}{\sin(90^{\circ} + \varphi - \beta_{I})}; B_{2} = \rho_{0} \frac{\sin(90^{\circ} - \varphi)}{\sin(90^{\circ} + \varphi - \beta_{2})}; \beta_{I} = \varphi - \arctan\left(\frac{d_{I} t g \varphi}{c_{I} \cdot \cos \varphi + d_{I}}\right); \\ \beta_{2} &= \varphi - \arctan\left(\frac{d_{2} t g \varphi}{c_{2} \cdot \cos \varphi + d_{2}(1 - \cos \varphi)}\right); c_{I} = r_{0} - \frac{h_{0}}{(1 + m_{I})} \cdot \frac{1}{\cos \varphi_{I}}; \\ c_{2} &= r_{0} - \frac{h_{0}(1 - \cos \varphi_{I})}{(1 + m_{I})\cos \varphi_{I}}; d_{I} = \frac{h_{0}}{1 + m_{I}}; d_{2} = \frac{h_{0}}{1 + m_{I}}; h_{0} = A + r_{0} - (h_{Z0} + h_{OF}). \end{split}$$

Величины m_1 и m_2 , которые входят в зависимости (2) и (3), определяются согласно [6] по выражениям:

$$m_{i} = dl_{i} / d\rho_{i}; \tag{4}$$

$$m_2 = dl_2 / d\rho_2, \tag{5}$$

где dl_1 , $d\rho_1$, dl_2 , $d\rho_2$ – скорости деформирования грунта и шины соответственно в зоне загрузки (nO) и разгрузки (Om) (рис. 2б).

Найти численные значения m_1 и m_2 , исходя только из геометрических (φ_1 , φ_2 , ρ_0) и кинематических (ω_K , δ) параметров взаимодействия ЭК с ПДОП без рассмотрения силового взаимодействия контактирующих тел, не представляется возможным. Действительно, например, для m_1 из выражения (4), с учетом расчетной схемы на рис. 2б, получим

$$m_1 = \frac{h_0 m_1 \sin \varphi}{(m_1 + 1) \cos^2 \varphi} / \frac{h_0 \sin \varphi}{(m_1 + 1) \cos^2 \varphi} = m_1.$$

Соотношения скоростей деформирования m_1 взаимодействующих тел и восстановления их деформаций, т.е. соответственно m_2 для принятых в [7] реологических моделей ЭК и ПДОП получены в [11] в виде:

$$m_{I} = \frac{A}{H\cos\varphi_{I}} \cdot \frac{E_{I}\Delta R + \mu_{I}\dot{R} + \nu E_{I}H}{E_{2}\Delta R + \mu_{2}\dot{R} - \nu E_{I}A/\cos\varphi_{I}};$$
(6)

$$m_2 = \frac{A}{H\cos\varphi_1} \cdot \frac{E_1 \Delta R - \mu_1 \dot{R} - v E_1 H}{E_2' \Delta R - \mu_2' \dot{R} + v E_1 A / \cos\varphi_1}, \tag{7}$$

где $E_{\scriptscriptstyle I}$, $\mu_{\scriptscriptstyle I}$ – соответственно модуль деформации и коэффициент вязкости шины (ЭК);

 E_2 , E_2' – соответственно модуль деформации грунта (ПДОП) в зонах загрузки (nO) и разгрузки (Om);

 μ_2 , μ_2' — соответственно коэффициент вязкости грунта в зонах загрузки (nO) и разгрузки (Om);

 ν — коэффициент, показывающий, какую часть модуля деформации шины $E_{\scriptscriptstyle 1}$ составляют контактные напряжения, обусловленные постоянным внутренним трением в шине.

Значения E_2' и μ_2' в (7), отличающиеся от E_2 и μ_2 в (6), учитывают необратимые изменения свойств грунта в результате его деформирования на переднем (nO) участке контакта ЭК с ПДОП.

В выражениях (6) и (7) ΔR и \dot{R} согласно с [11] определяются по формулам:

$$\Delta R = R_0 \left(1 - \ln \frac{1 + \sin \varphi_1}{1 - \sin \varphi_1} \cdot \frac{\cos \varphi_1}{2\varphi_1} \right); \quad \dot{R} = \frac{\omega R_0}{\varphi_1} (1 - \cos \varphi_1).$$

Экспериментальные значения параметров указанной реологической модели ЭК на примере пневматической шины 37.5-39 мод. Ф-7, а именно E_I , ν и μ_I были получены по методике [12] с учетом значений параметров ее механической модели, полученных по результатам статических и динамических испытаний ЭК на плоской недеформирующейся опорной поверхности (ПНОП):

$$E_{I} = \frac{(Q - Q_{v})H}{B_{II}r_{0}^{2}\lambda_{Q}};$$

$$V = \frac{Q_{v}}{2B_{II}E_{I}r_{0}\varphi_{0}\cos\varphi_{0}};$$

$$\mu_{I} = \frac{(Q\ddot{h}_{Z0}/g - Q_{v})H}{B_{II}r_{0}\dot{h}_{Z0}\cos\varphi_{0}\ln[(1 + \sin\varphi_{0})/(1 - \sin\varphi_{0})]},$$

где B_{II} – ширина протектора шины;

 $\lambda_{\scriptscriptstyle Q}$ — безразмерный коэффициент, $\lambda_{\scriptscriptstyle Q} pprox 0,551 arphi_{\scriptscriptstyle 0}^{2,88}$;

 $arphi_0$ — угол контакта ЭК с опорной поверхностью, соответствующий h_{Z0} при вертикальной нагрузке шины $Q=P_Z$ (для ПНОП $arphi_0=arphi_1=arphi_2$);

 Q_{ν} — значение доли Q при h_{Z0} , обусловленной постоянным внутренним трением в шине, т.е. половина величины петли гистерезиса характеристики нагружения шины в координатах $Q = Q(h_{Z})$;

 \dot{h}_{Z0} , \ddot{h}_{Z0} — соответственно скорость и ускорение в момент, соответствующий h_{Z0} , которые найдены путем графического дифференцирования осциллограмм колебаний ЭК при ее динамических испытаниях;

g – ускорение свободного падения.

Экспериментальные значения параметров указанной реологической модели ПДОП — песчано-глинистого грунта типа суглинок [13], а именно E_2 , μ_2 и $k_{\it ПP}$ (где $k_{\it ПP}$ — коэффициент упругости, т.е. $k_{\it ПP}=h_{\it YT}/h_{\it OT}$), а потом E_2' и μ_2' были получены с помощью методики и информационно-измерительного обеспечения [14] на стенде для исследования тяговосцепных свойств одиночных колесных движителей с крупногабаритными пневматическими шинами при прямолинейном движении [15].

В качестве жесткого колеса (ЖК) для определения параметров контакта ЖК с ПДОП – φ_1 и φ_2 , а также P_X (где P_X – сопротивление качению ЖК на ведомом режиме его силовой нагрузки) было принято стальной валец с размерами r_0 , B_Π и вертикальной нагрузкой P_Z , которые соответствуют пневматической шине 27.00-33 (760-838) мод. В-71.

Толщина деформируемого слоя ПДОП – A (рис. 1) экспериментально определялась специальным устройством по техническому решению [16]. Скорость проскальзывания элементов протектора шины относительно опорной поверхности и радиальная деформация шины измерялись с помощью приборов – тензометрического на основе кремниевых полупроводниковых тензорезисторов [17] и контактного потенциометрического [18] соответственно.

Указанные экспериментальные исследования параметров ЭК и ПДОП проводились авторами с привлечением испытательного оборудования Учебно-научного полигона кафедры строительной техники и инженерной механики Воронежского государственного архитектурно - строительного университета под общим руководством канд. техн. наук А.В. Василенко.

На рис. З представлены теоретические зависимости $\Delta V_{Ili\xi} = \Delta V_{Ili\xi}(x,\varphi)$ для проанализированных моделей [5, 8] кинематических соотношений при качении ЭК по ПДОП. Зависимости $\Delta V_{Ili\xi} = \Delta V_{Ili\xi}(x,\varphi)$ получены с использованием выражений (1) для модели [5] и (2), (3), (6), (7) для модели [8] с учетом экспериментальных значений параметров контакта и деформирования ЭК (шина 37.5-39 мод. Ф-7) и ПДОП (разрыхленный суглинок с A=0,35 м), а именно – $a_1=0,69$ м, $a_2=0,6$ м, $\varphi_1=32^\circ12^\prime$, $\varphi_2=27^\circ48$, $h_{Z0}=0,1$ м, $h_{QF}=0,1$ м, $h_{VF}=0,05$ м.

Анализ результатов, представленных на рис. 3, показал, что характер теоретических зависимостей 1 (модель [5]) и 2 (модель [8]) одинаковый, однако численные значения $\Delta V_{\Pi i \xi}$ отличаются в большую сторону приблизительно на 9,4% для модели кинематических соотношений при качении ЭК по ПДОП [8]. Последнее обстоятельство приведет к значительному увеличению абсолютной величины пути проскальзывания произвольного элемента ЭК отно-

сительно ПДОП согласно выражению $S_{\Pi\xi}=\int\limits_{\varphi_{l}}^{\varphi_{2}} \Delta V_{\Pi i\xi} d\varphi$ [2] и более интенсивному износу протектора шины [3].

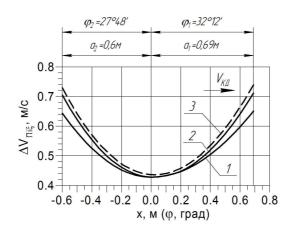


Рис. 3. Теоретические (1, 2) и экспериментальная (3) зависимости скорости проскальзывания произвольного элемента протектора пневматической шины $\Delta V_{Πίζ}$ от $x(\varphi)$ в области контакта (nm) ЭК с ПДОП: 1- модель [5]; 2- модель [8]; $\omega_K=1,19$ с $^{-1}$; $V_{KД}=1$ м/с

Несовпадение результатов теоретических (рис. 3, кривая 2) и экспериментальных (рис. 3, кривая 3) исследований кинематических соотношений при качении ЭК по ПДОП приблизительно на (4,5...5,0)% обусловлено, по-видимому, принятыми авторами в [8] допущениями, а именно неучетом крутильной и продольной жесткости и тангенциальной эластичности шины [1], что является целью дальнейших теоретических и экспериментальных исследований этого явления.

Выводы

- 1. Впервые, с учетом комплекса геометрических, кинематических и силовых факторов взаимодействия ЭК с ПДОП, получены уточненные кинематические соотношения в области контакта тел различной реологической природы [7], что позволило уточнить явление проскальзывания протектора шины (по величине скорости проскальзывания $\Delta V_{Пi\xi}$) по сравнению с существующей моделью [5].
- 2. Использование полученных результатов при определении износа протектора шины и срока ее службы по существующим в настоящее время методикам [4, 19] позволит обосновать и рассчитать потребности в материально-технических средствах на эксплуатацию, в первую очередь, землеройно-транспортных машин повышенной единичной мощности и грузоподъемности, в частности, самоходных скреперов типоразмеров СС-15 и СС-25, оснащенных пневматическими шинами размером соответственно 27.00-33 и 37.5-39.
- 3. Экспериментальные исследования параметров реологической модели ПДОП с использованием устройства для определения толщины деформируемого слоя грунта позволило отказаться от использования понятия «модуль деформации грунта» [16], которое, вследствие существующих механических моделей грунта и формы индентора (штампа), не имеет однозначного экспериментального определения [10].
- 4. Полученные результаты исследований кинематических соотношений при качении ЭК по ПДОП показали, что увеличение скорости проскальзывания элементов протектора шины относительно опорной поверхности существенно повлияет на тягово-сцепные свойства движителя, а также приведет к значительному увеличению абсолютной величины пути проскальзывания произвольного элемента ЭК относительно ПДОП и более интенсивного износа протектора шины [11, 20].

Библиографический список

- 1. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения: ГОСТ 17697-72. Введ. 1973-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1972. 26 с.
- 2. Ульянов Н. А. Колесные движители строительных и дорожных машин / Н. А. Ульянов. М.: Машиностроение, 1982. 279 с.
- 3. Ульянов Н. А. Исследование скольжения и износа крупногабаритных пневматических шин при криволинейном движении колесного движителя / Н. А. Ульянов, П. И. Никулин, А. Г. Смирнов // В кн. : Надежность строительных машин и оборудования предприятий промышленности строительных материалов. Ростов н/Д., 1979. С. 65–70.
- 4. Смирнов А. Г. Исследование скольжения пневматической шины колесного движителя при криволинейном движении: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.04 «Дорожные, путевые и строительные машины» / А. Г. Смирнов. Харьков, 1981. 19 с.
- 5. Никулин П. И. Кинематика качения колеса с пневматической шиной по деформирующейся опорной поверхности / П. И. Никулин, М. И. Щербинин, А. В. Василенко // Исследование строительных и дорожных машин. Воронеж, 1996. С. 34–43.
- 6. Пелевин Л. Е. Определение равновесной формы продольной линии контакта колеса с пневматической шиной при взаимодействии с деформирующейся опорной поверхностью / Л. Е. Пелевин, Г. А. Аржаев, М. Н. Балака // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Київ, 2004. Вип. 64. С. 44–48.
- 7. Пелевин Л. Е. Силовое взаимодействие эластичного колеса с деформирующейся опорной средой / Л. Е. Пелевин, М. Н. Балака, Г. А. Аржаев // Интерстроймех-2007 : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 11–14 сент. 2007 г. Самара, 2007. С. 205–209.
- 8. Пелевін Л. Є. Кінематика кочення колеса з пневматичною шиною по опорній поверхні, що деформується / Л. Є. Пелевін, Г. О. Аржаєв, М. М. Балака // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Київ, 2007. Вип. 70. С. 10–15.
- 9. Ульянов Н. А. Основы теории и расчета колесного движителя землеройных машин / Н. А. Ульянов. М.: Машгиз, 1962. 207 с.
- 10. Бабков В. Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов / В. Ф. Бабков, В. М. Безрук. М. : Высш. шк., 1976. 243 с.
- 11. Аржаєв Г. О. Визначення складової сили тяги рушія, що обумовлена зовнішнім тертям виступів рисунка протектора пневматичної шини / Г. О. Аржаєв, Л. Є. Пелевін, М. М. Балака // Вісник Кременчуцького держ. політехн. ун-ту ім. Михайла Остроградського. Кременчук, 2008. Вип. 5/2008(52). Ч. 2. С. 75–79.
- 12. Водяник И. И. Определение параметров реологической модели пневматической шины / И. И. Водяник. М., 1981. 7 с. Деп. в НИИАвтопром, № Д634.
- 13. Аржаєв Г. О. Визначення параметрів реологічних моделей опорних поверхонь руху позашляхових транспортно-технологічних засобів / Г. О. Аржаєв, Л. €. Пелевін, М. М. Балака // Машинознавство. Львів, 2008. № 10(136). С. 22–24.
- 14. Аржаєв Г. О. Методика й інформаційно-вимірювальне забезпечення експериментального визначення параметрів реологічної моделі піщано-глинистих ґрунтів / Г. О. Аржаєв, Л. Є. Пелевін, М. М. Балака // Машинознавство. Львів, 2008. № 12(138). С. 40–42.
- 15. Стенды для испытания крупногабаритных пневматических шин / Н. А. Ульянов, П. И. Никулин, Н. П. Куприн, А. В. Василенко // Строительные и дорожные машины. М., 1982. N = 6. C. 21-22.
- 16. Пат. 50440 U Україна, МПК G 01 L 1/00, E 02 D 1/00. Пристрій для дослідження внутрішніх напружень у грунтовому напівпросторі / Аржаєв Г. О., Балака М. М., Пелевін Л. Є., Цепляєв А. С.; заявник і патентовласник Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. № и 2009 12724; заявл. 07.12.09; опубл. 10.06.10, Бюл. № 11.

- 17. Пелевін Л. Є. Інформаційно-вимірювальне забезпечення стендових випробувань окремого колеса з пневматичною шиною / Л. Є. Пелевін, Г. О. Аржаєв, М. М. Балака // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Київ, 2007. Вип. 70. С. 65–71.
- 18. Пат. 11841 U Україна, МПК G 01 M 17/02, G 01 B 7/16. Прилад для вимірювання деформацій пневматичної шини / Аржаєв Г. О., Балака М. М., Пелевін Л. Є.; заявники і патентовласники Миколаїв. буд. коледж, НДІ буд.-дор. і інж. техніки. № u 2005 06217 ; заявл. 23.06.05 ; опубл. 16.01.06, Бюл. № 1.
- 19. Белов Л. Е. Определение износа протектора шины по величине фактического скольжения ее в области контакта / Л. Е. Белов. В сб. : Испытания и исследования дорожных машин. Омск, 1975. Вып. 5. С. 183–189.
- 20. Аржаєв Г. О. Аналіз загальних результатів математичного моделювання реологічної системи «пневмоколісний рушій опорна поверхня, що деформується» / Г. О. Аржаєв, Л. €. Пелевін, М. М. Балака // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Днепропетровск, 2009. Вып. 51. С. 114—123.

References

- 1. Vehicles. Rolling wheel. Terms and definitions: GOST 17697-72. Enter. 1973-07-01. Moscow: Publishing House of Standards, 1972. 26 p.
- 2. Ulyanov N. A. Wheeled propeller of building and road machines / N. A. Ulyanov. Moscow : Mashinostroenie, 1982. 279 p.
- 3. Ulyanov N. A. Research of slip and wear large-sized pneumatic tyres in the curvilinear motion wheeled propeller / N. A. Ulyanov, P. I. Nikulin, A. G. Smirnov // In.: Reliability of building machines and equipment enterprises of building materials industry. Rostov-on-Don, 1979. pp. 65–70.
- 4. Smirnov A. G. Research of slip pneumatic tyre of wheeled propeller in the curvilinear motion: Author. dis. for an academic. cand. sci. tech. degree. : special. 05.05.04 "Road, travel and building machines" / A. G. Smirnov. Kharkov, 1981. 19 p.
- 5. Nikulin P. I. Kinematics of rolling wheel with the pneumatic tyre along a deformable bearing surface / P. I. Nikulin, M. I. Sherbinin, A. V. Vasilenko // Research building and road machines. Voronezh, 1996. pp. 34–43.
- 6. Pelevin L. Ye. Determination of the equilibrium shape of the longitudinal line contact of wheel with the pneumatic tyre in contact with the deformable bearing surface / L. Ye. Pelevin, G. A. Arzhaev, M. N. Balaka // Mining, building, road and meliorative machines. Kiev, 2004. Issue 64. pp. 44–48.
- 7. Pelevin L. Ye. Force interaction of the elastic wheel with the deformable bearing medium / L. Ye. Pelevin, M. N. Balaka, G. A. Arzhaev // Interstroymeh-2007: materials of the International Scientific and Technical Conference, 11–14 September, 2007. Samara, 2007. pp. 205–209.
- 8. Pelevin L. Ye. Kinematics of rolling wheel with the pneumatic tyre along a deformable bearing surface / L. Ye. Pelevin, G. A. Arzhaev, M. N. Balaka // Mining, building, road and meliorative machines. Kiev, 2007. Issue 70. pp. 10–15.
- 9. Ulyanov N. A. Fundamentals of the theory and design wheeled propeller of diggers / N. A. Ulyanov. Moscow: Mashgiz, 1962. 207 p.
- 10. Babkov V. F. Fundamentals of soil and soil mechanics / V. F. Babkov, V. M. Bezrukov. Moscow: High School, 1976. 243 p.
- 11. Arzhaev G. A. Determination of component tractive force propeller that caused by external friction of appearances tread pneumatic tyres / G. A. Arzhaev, L. Ye. Pelevin, M. N. Balaka // Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University them. Michael Ostrogradskiy. Kremenchug, 2008. Issue 5/2008 (52). Part 2. pp. 75–79.

- 12. Vodyanik I. I. Determination of parameters of the rheological model pneumatic tyre / I. I. Vodyanik. M., 1981. 7 p. Dep. in NIIAvtoprom, N D634.
- 13. Arzhaev G. A. Determination of parameters of rheological models bearing surfaces motion off-road transport and technological means / G. A. Arzhaev, L. Ye. Pelevin, M. N. Balaka // Mashinoznavstvo. Lvov, 2008. N 10(136). pp. 22–24.
- 14. Arzhaev G. A. Method and information-measuring providing of experimental determination of parameters of rheological models the sandy-clay soils / G. A. Arzhaev, L. Ye. Pelevin, M. N. Balaka // Mashinoznavstvo. Lvov, 2008. N 12(138). pp. 40–42.
- 15. Stands for testing of large-sized pneumatic tyres / N. A. Ulyanov, P. I. Nikulin, N. P. Kuprin, A. V. Vasilenko // Building and road machines. Moscow, 1982. N 6. pp. 21–22.
- 16. Pat. 50440 U Ukraine, IPC G 01 L 1/00, E 02 D 1/00. Device for research of internal stresses in the soil semi / G. A. Arzhaev, M. N. Balaka, L. Ye. Pelevin, Tseplyaev A. S.; patent Kiev National University of Construction and Architecture. N u 2009 12724, appl. 07.12.09, publ. 10.06.10, Bull. N 11.
- 17. Pelevin L. Ye. Information-measuring providing of stand tests of the single wheel with pneumatic tyre / L. Ye. Pelevin, G. A. Arzhaev, M. N. Balaka // Mining, building, road and meliorative machines. Kiev, 2007. Issue 70. pp. 65–71.
- 18. Pat. 11841 U Ukraine, IPC G 01 M 17/02, G 01 B 7/16. Device for measuring of deformations pneumatic tyre / G. A. Arzhaev, M. N. Balaka, L. Ye. Pelevin; patent Nikolaev Building College, Research Institute of Building Road and Engineering Machinery. N u 2005 06217, appl. 23.06.05, publ. 16.01.06, Bull. N 1.
- 19. Belov L. Ye. Determination of wear tread tyre on the size of her actual slip in the contact / L. Ye. Belov. In.: Tests and research of road machines. Omsk, 1975. Issue 5. pp. 183–189.
- 20. Arzhaev G. A. Analysis of the overall results of mathematical modeling of rheological system "pneumowheel propeller deformable bearing surface" / G. A. Arzhaev, L. Ye. Pelevin, M. N. Balaka // Construction. Materyalovedenye. Mashinostroenie. Dnepropetrovsk, 2009. Issue 51. pp. 114–123.

УДК 625.08

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова Канд. техн. наук, профессор кафедры сервиса транспортных и технологических машин Н.С. Севрюгина, Аспирантка кафедры сервиса транспортных и технологических машин Е.В. Прохорова Россия, г. Белгород, тел. +7(4722)23-05-05

e-mail: nssevr@yandex.ru

Belgorod state technological University name V.G. Shukhov D.Sc. (Engineerin), Prof. of the Service of transport and technological machines N.S. Sevrjugina Post-graduate student of the Service of

transport and technological machines E.V. Prokhorova

Russia, Belgorod, tel. +7(4722)23-05-05 e-mail: nssevr@yandex.ru

Н.С. Севрюгина, Е.В. Прохорова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО ЗВЕНА НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Выполнен анализ конструкций быстродействующих соединительных устройств рабочего оборудования СДМ. Дана типовая классификационная схема квик-каплера по конструктивным и функциональным признакам. Выполнена компьютерная модель квик-каплера. Предлагается расчетная схема создания вариативной модели комплектования базовой машины для расширения ее функциональных возможностей.

Ключевые слова: строительные, дорожные машины, технология, работа, рабочее оборудование, быстродействующее соединительное устройство, модернизация, квик-каплер, эксплуатация, производительность.

N.S. Sevrjugina, E.V. Prokhorova

THE DESIGN OF A UNIVERSAL INTERMEDIATE LEVEL THE EQUIPMENT OF CONSTRUCTION AND ROAD MACHINES

The analysis of structures of high-speed connecting devices working equipment CRM. Given a standard classification scheme quick coupler on the structural and functional characteristics. Performed computer model of the quick coupler. Proposed scheme of creation of various models of recruitment base machine for the expansion of its functionality.

Keywords: construction, road machinery, technology, work, work equipment, quick-coupling device, modernization, quick-coupler, operation, performance.

Технологически строительные работы включают перечень разнородных, последовательно увязанных операций, выполнение которых требует конструктивно оптимизированных орудий труда.

Анализ продукции ведущих фирм производителей строительной и дорожной техники показывает тенденцию к расширению номенклатуры рабочего оборудования применяемой с базовой машиной.

Следует отметить, что задачей производителя наряду с расширением модельного ряда машин является улучшение их функциональных свойств, среди которых можно выделить производительность, экономичность, эргономичность и пр.

С точки зрения системного подхода для строительных и дорожных машин период эксплуатации, можно рассматривать как систему с взаимозависимыми и взаимовлияющими элементами: «оператор – машина – среда».[1]

Очевидно, что эффективность функционирования машины, ее производительность зависит от каждого элемента, но период эксплуатации СДМ не предусматривает ее конструктивных изменений, значит, на данной стадии жизненного цикла этот показатель можно принять как постоянный (здесь не рассматривается изменение состояния машины, за период эксплуатации).

Оператор, со свойственными только ему психофизическими качествами, является лицом обеспечивающим функционирование машины и оказывающий влияние на производительность. Показатель эффективности работы оператора складывается как из его профессионализма, так и конструктивного совершенства управляемой машиной.

Цикличность технологических операций строительных работ требуют от оператора рассосредоточенности внимания: управление рабочими органами, наблюдение за окружающей средой на объекте функционирования, оценка состояния работы различных систем и агрегатов машины, и еще ряд факторов.

Технические возможности машины использовать различное сменное рабочее оборудование требуют от оператора принятия соответствующего решения, что исчисляется показателем потери времени на замену рабочего оборудования. Облегчение процесса смены навесного оборудования, увеличение коэффициента использования оборудования реализуется через включение в конструкцию машин системы быстрого крепления навесного оборудования.

Для быстрой смены рабочего (навесного) оборудования, конструкция современных СДМ предусматривает встроенное быстродействующее соединительное устройство (БДСУ) – адаптеры.[2]

Более детально принципиальную конструкцию БДСУ рассмотрим на примере экскаватора. В общем виде, БДСУ представляют собой дополнительный промежуточный элемент между рукоятью экскаватора и монтажной плитой навесного оборудования.

Одним из типов БДСУ является квик-каплер. Квик-каплер (от англ. «быстрое соединение») может быть отдельной конструкцией или системой присоединения, состоящей из нескольких конструктивных элементов.

Применение квик-каплера значительно облегчает присоединение рабочего оборудования и позволяет выполнять технологический процесс одной машиной и несколькими, попеременно меняемыми, видами рабочего оборудования.

На протяжении последних 35 лет различные мировые производители (Caterpillar Inc., Liebherr, JRB Company, Daemo Enginering, Esco Corporation и др.) предлагали разнообразные конструктивные исполнения квик-каплера.

Все квик-каплеры можно разделить на присоединительные системы (когда промежуточного звена нет, т.е. непосредственно на конце рукояти и у основания рабочего оборудования установлены специальные крепежные части, которые образуют присоединительную систему) и на квик-каплер, как промежуточное звено (отдельная конструкция).

Процесс соединения квик-каплера с рабочим оборудованием представляется тремя этапами:

захват – наводка (направление рукояти с квик-каплером к соединительной части сменного оборудования);

зацепление крепительной части квик-каплера с соответствующими элементами крепления рабочего органа;

фиксация соединения крепительных частей квик-каплера и рабочего органа.

В качестве примера рассмотрим размерные группы быстросъемных механизмов изготавливаемых для присоединения рабочего оборудования на экскаваторы. Быстросъемные механизмы изготавливаются непосредственно под присоединительные размеры экскаватора и подразделяются на шесть размерных групп, выделяя показатели рабочего давления, межосевые размеры, ширину рукояти и массу.

По результатам проведенных патентных исследований и информационному анализу составлена типовая классификационная схема квик-каплеров, в которой за основные приняты конструктивные и функциональные признаки.

Конструктивно квик-каплеры можно разделить *по способу крепления*, *которое* осуществляется при помощи отверстий, крюков зацепления или их комбинации (рис.1).

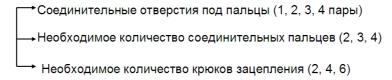


Рис. 1. Типы крепления квик-каплеров

По способу присоединения выделяют квик-каплеры с ручным соединением, полуавтоматическим соединением, автоматическим соединением (рис. 2).



Рис. 2 Классификация быстросъемного оборудования по способу присоединения

При ручном соединении все три процесса – захват, зацепление и фиксация происходят при помощи рабочих.

В полуавтоматическом соединении (наводка) захват, зацепление осуществляется оператором из кабины, а фиксация соединения завершается в ручную (затяжка гаек, болтовые соединения).

Под автоматическим соединением в классическом случае подразумевается управление присоединением оператора без выхода из кабины. В данном случае предусматривается дополнительное условие – квик-каплер установлен на свободном конце рукояти.

Учитывая, что квик-каплер является универсальным промежуточным звеном, то в его конструкции предусматривается механизм фиксации рабочего оборудования. Выделяются следующие места расположения механизма фиксации: на ковше; на квик-каплере; на соединительной оси. По типу фиксации механизм может быть пружинный, гидравлический или механический.

Дальнейшие исследования показали необходимость проведения анализа используемого навесного оборудования и применяемых с ними БДСУ. Установлено, что чаще всего применяется квик-каплер с двумя крюками зацепления и механизмом фиксации, так как наиболее используемым в технологическом процессе является ковш различного объема, типовое крепление которого выполнено в виде двух опорных кронштейнов с установочными пальцами.

Анализ предлагаемых конструктивных решений позволил выявить ряд недостатков, заключающихся в оценке эффективности механизма захвата, который в большинстве случаев является нагруженным, т.е. запирающее устройство находится в рабочем состоянии весь период при соединении квик-каплер — рабочий орган. Основным недостатком в данном случае является опасность непреднамеренного отсоединения рабочего органа при разблокировании запирающего механизма в случае его внезапного отказа.

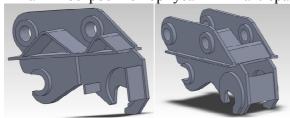
Данный недостаток возможно устранить перераспределив нагрузки в запирающем механизме, т.е. рабочее состояние квик-каплера с оборудованием обеспечивается путем ненагруженного запирающего устройства, механизм замыкания в котором включается при операции замены рабочего оборудования. Наиболее эффективным в подобном случае является введение в конструкцию системы дистанционного управления механизмом запирания квиккаплера из кабины оператора через электропривод.

Для оценки конструкции квик-каплера, выявления возможных функциональных ограничений, классические исследования предлагают создать физическую модель. В настоящее время, базируясь на представленной выше классификационной характеристике квиккаплеров, разработка опытного образца, а тем более проведение полномасштабных испытаний с различными эксплуатационными задачами является не только материалоемким процессом, но экономически крайне затратным. В то же время современные компьютерные технологии, программные продукты позволяют выполнить виртуальное моделирование и задать максимально приближенные к реальности параметры функционирования, а так же оценить конструкцию в максимально тяжелых и маловероятных условиях.[3]

При компьютерном моделировании в качестве базовых взяты геометрические параметры конструкции квик-каплера (US 5382110).

Поэтапное создание трехмерной модели квик-каплера проводилось следующим образом:

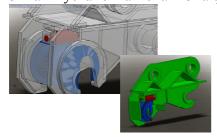
1 шаг – построение корпуса квик-каплера



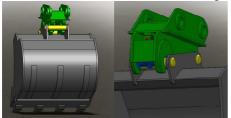
2 шаг – построение элементов механизма фиксации (например, червячный вал, замокфиксатор)



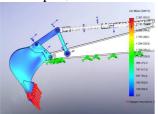
3 шаг – установка механизма фиксации в корпус

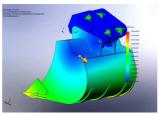


4 шаг – соединение квик-каплера с рабочим оборудованием, на примере ковша)



5 шаг – пример имитации режима нагружения при выполнении экскаватором технологического процесса копания





Пятый шаг позволяет создать вариативную модель функционирования базовой машины с учетом таких факторов, как условий эксплуатации, вид разрабатываемого грунта (материалов), срок выполнения, ресурс машины, тип технологической операции.

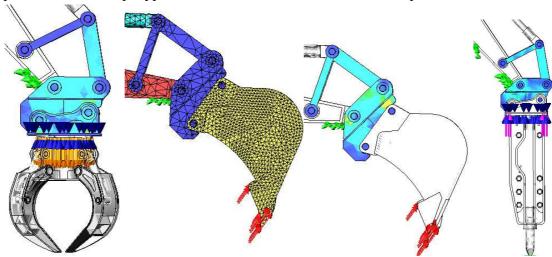


Рис. 3. Определениt напряженно-деформированного состояния системы «рукоять – квик-каплер – рабочее оборудование» методом конечно-элементного анализа в САПР «Solid Works»

Разработанная компьютерная модель модернизированного квик-каплера и выполненные расчеты конструкции дают возможность снизить затраты на исследования, предложив методику расчета изменения эффективных показателей базовой машины при введении в конструкцию дополнительного элемента расширяющего ее функциональность за счет увеличения количества используемого рабочего оборудования и решить вопрос комплексной механизации строительных работ по принципу «парк из одной машины».

Данные исследования проводятся в рамках выполнения БГТУ им. В.Г. Шухова государственного задания на тему «Обоснование уровня технической оснащенности транспортных и технологических машин при обеспечении комплексной безопасности в чрезвычайных ситуациях».

Выводы

- 1. В доказательной форме представлено, что многофункциональность СДМ обеспечивается введением в конструкцию рабочего оборудования быстродействующих соединительных устройств, основным из которых является квик-каплер.
- 2. Дана классификационная схема квик-каплеров по основным конструктивным признакам и способам крепления.
- 3. Представлена виртуальная трехмерная модель модернизированного квик-каплера с ненагруженных механизмом фиксации.
- 4. Предложена методика создания вариативной модели комплектования базовой машины для расширения ее функциональных возможностей и повышения производительности.

Библиографический список

- 1. Богомолов А.А., Бунин М.В. Структура и семантика вариационной оптимизации транспортных машин и технологических процессов в общей теории систем: Монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. 83 с.
- 2. . Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В. Оценка факторов риска возникновения нештатных ситуаций / Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета. 2013. №2. С. 192-195.
- 3. Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В. Быстросъемность основных узлов и агрегатов и ремонтопригодность транспортных средств / Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В. // Вестник Харьковского национального технологического университета. 2012. Выпуск 57. С. 90-97.

- 1. A.A. Bogomolov, M.V. Bunin Structure and semantics of the variational optimization of transport machinery and technological processes in the General theory of systems. Monograph. Belgorod: BSTU, 2009, 83 sec.
- 2. N.S. Sevrjugina, E.V. Prokhorova Assessment of risk factors of occurrence of supernumerary situations. The Bulletin of the Belgorod state technological University. 2013 №2. 192 sec.
- 3. N.S. Sevrjugina, E.V. Prokhorova Quick connection of the basic knots and units and maintainability of vehicles. The Bulletin of the Kharkov national University of technology. 2012. Printing 57. 90 sec.

УДК 621.878

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Доктор техн. наук, проф. Кафедры строительной техники и инженерной механики Ю.Ф. Устинов Аспирант кафедры строительной техники и инженерной механики Д.Н. Гольцов Аспирант кафедры строительной техники и инженерной механики и инженерной механики Д.И. Чернышев Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)271-59-18

Voronezh State University
of Architecture and Civil Engineering
Doctor tehn. sciencts, professor of the pulpit of
construction machinery and engineering mechanics
Y.F. Ustinov
Post-graduateb student of the pulpit of construction
machinery and engineering mechanics
D.N. Goltsov
Post-graduateb student of the pulpit of construction machinery and engineering mechanics

Russia, Voronezg, ph. 8(473)271-59-18

Ю.Ф. Устинов, Д. Н. Гольцов, Д.И. Чернышев

D.I. Chernyshev

ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОГРЕЙДЕРА С КОЛЕСНОЙ ФОРМУЛОЙ 1×3×3

Представлены результаты виброакустических исследований автогрейдера класса 250 при выполнении типовых технологических операций, установлены источники виброакустической энергии, определены пути снижения структурного шума и общего шума в кабине на различных режимах работы автогрейдера.

Ключевые слова: вибрация, шум, кабина автогрейдера, тяговый режим.

Y.F. Ustinov, D. N. Goltsov, D.I. Chernyshev

VIBROACOUSTIC CHARACTERISTICS OF MOTOR-DRIVEN GRADERS WITH THE WHEEL FORMULA $1\times3\times3$

Represented results of vibroacoustic researches of motor-driven grader, class 250, on the assumption of typical technological operations; set sources of vibroacoustic energy; determined ways to decrease a structure-borne noise and general one in a cab during motor-driven grader work at different modes.

Keywords: vibration, noise, motor-driven grader, traction condition.

Целью данной работы является определение виброакустических характеристик тяжелого автогрейдера на различных режимах работы при профилировании земляного полотна автомобильной дороги; выявление основных источников шума и вибрации; разработка рекомендаций по снижению вибрации и шума в кабине.

Опыты проводились на свежесрезанном супесчаном грунте при влажности грунта близкой к оптимальной, температуре окружающей среды $28^{\circ}C$ и атмосферном давлении $1.014 \cdot 10^{5}$ Па.

Расстановка датчиков для измерения скорости движения автогрейдера, силы тяги, шума в кабине, вибрации подмоторной рамы и пола кабины представлены на рис.

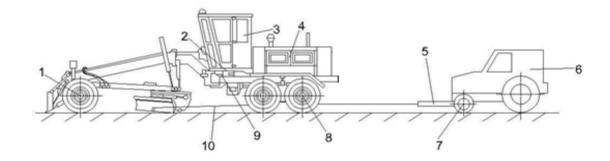


Рис. Автогрейдер в сцепке с тормозным агрегатом:

1 - отметчик оборотов колеса переднего моста; 2 - вибропреобразователь (акселерометр) на полу кабины с левой стороны автогрейдера; 3 - микрофон шумомера на уровне головы у правого уха оператора; 4 - тахометр измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя; 5 - тензотяга тормозного агрегата; 6 - тормозной агрегат; 7 - отметчик оборотов мерного колеса; 8 - отметчик оборотов колеса задней тележки; 9 - вибропреобразователь на раме автогрейдера под кабиной слева; 10 - трос, соединяющий отвал с тормозным агрегатом

Тормозной агрегат с индукционными муфтами конструкции профессора Л.Х. Шарипова позволяет плавно изменять тормозное усилие (силу тяги) в пределах 0...12 т. Частота вращения колес автогрейдера и мерного колеса, сила тяги и время записывались на осциллограф, а параметры шума и вибрации измерялись приборами «ОКТАВА - 101AM» и «Октава -101BM» соответственно. Фиксация всех параметров осуществлялась одновременно. Методика проведения виброакустических исследований соответствует требованиям ГОСТ [1].

В результате получены экспериментальные данные, представленные в табл. 1, 2.

Таблица 1

Значения виброускорения и виброскорости подмоторной рамы в 1/3-октавных полосах частот на различных режимах работы автогрейдера

			Режи	им работы		
		Транспортный	T=20	T=25	T=30	T=75
	L_a	97	97	94	96	99
8	L_{v}	89	89	86	88	91
	ν	1,41· 10⁻³	1,41 · 10 ⁻³	9,98 · 10⁻⁴	1,26· 10 ⁻³	1,77• 10 ⁻³
	L_a	95	102	103	105	97
12	L_{v}	83	90	91	93	85
	ν	7,07 · 10 ⁻⁴	1,58• 10⁻³	1,77• 10 ⁻³	2,23• 10 ⁻³	8,89• 10 ⁻⁴
	L_a	92	94	95	95	103
16	L_{v}	78	80	81	81	89
	ν	3,97 · 10 ⁻⁴	5,0 · 10 ⁻⁴	5,61· 10 ⁻⁴	5,81· 10 ⁻⁴	1,41· 10 ⁻³
20	L_a	93	93	94	94	97
	L_{v}	77	77	78	78	81
	ν	3,54 · 10 ⁻⁴	3,54 · 10 ⁻⁴	3,97· 10 ⁻⁴	3,97· 10 ⁻⁴	5,61 · 10⁻⁴
	L_a	103	103	102	103	97
25	L_{v}	85	85	84	85	79
	ν	8,85 · 10 ⁻⁴	8,85 · 10 ⁻⁴	7,93 · 10 ⁻⁴	8,85- 10-4	4,46• 10 ⁻⁴

				Режи	им работы		
			Транспортный	T=20	T=25	T=30	T=75
		L_a	106	106	110	111	112
Гц	31,5	L_{v}	86	86	90	91	92
MM,		v	9,98 · 10-4	9,98 · 10 ⁻⁴	$1,58 \cdot 10^{-3}$	1,77• 10 ⁻³	1,99• 10⁻³
ота		L_a	112	108	109	111	106
acT	40	L_{v}	90	86	87	89	84
и ча		v	1,58 · 10 ⁻³	9,98 · 10 ⁻⁴	$1,12 \cdot 10^{-4}$	1,41• 10 ⁻⁸	7,93· 10 ⁻⁴
ИМ		L_a	105	112	115	114	119
эск	50	L_{v}	81	88	91	90	95
)ИИ(v	5,61 · 10-4	$1,26 \cdot 10^{-3}$	1,77 · 10 ⁻³	1,58 - 10⁻³	2,81· 10⁻³
ет		L_a	110	114	118	116	123
NO2	63	L_{v}	84	88	92	90	97
неге		v	7,93 • 10-4	$1.26 \cdot 10^{-3}$	$1,99 \cdot 10^{-3}$	1,58 - 10⁻³	3,54· 10⁻³
еді	80	L_a	116	117	117	115	117
cb		L_{v}	88	89	89	87	89
) I CC		v	1,26 · 10 ⁻³	$1,41 \cdot 10^{-3}$	$1,41 \cdot 10^{-3}$	1,12• 10 ⁻³	1,41· 10⁻³
ОСЕ		L_a	102	111	114	116	117
10л	100	L_{v}	72	81	84	86	87
le I		v	1,99 · 10-4	5,61 · 10 ⁻⁴	7,93 · 10 ⁻⁴	9,98 - 10⁻⁴	1,12· 10⁻³
BHI		L_a	115	116	115	117	123
кта	125	L_{v}	83	84	83	85	91
1/3-октавные полосы со среднегеометрическими частотами,		v	7,07 · 10 ⁻⁴	7,93 · 10 ⁻⁴	7,07 · 10 ⁻⁴	8,89 · 10⁻⁴	1,77· 10 ⁻³
1/		L_a	123	119	120	119	123
	160	L_v	89	95	86	85	89
П		V	1,41 · 10 ⁻³	8,89 · 10 ⁻⁴	9,98 · 10 ⁻⁴	8,89 - 10⁻⁴	1,41· 10⁻³

Примечания: L_a , дБ — уровень виброускорения; L_ν дБ — уровень вибросокорости; ν — виброскорость в м/с; Т — сила тяги, кН.

Таблица 2
Значения виброускорения и виброскорости пола кабины в 1/3-октавных полосах частот на различных режимах работы автогрейдера

			Реж	им работы		
		Транспортный	T=20	T=25	T=30	T=75
	L_a	103	99	98	99	100
8	L_{v}	95	91	90	91	92
	ν	2,81 · 10 ⁻³	1,77• 10 ⁻³	$1,58 \cdot 10^{-3}$	1,77• 10 ⁻³	1,99 · 10⁻³
	L_a	98	104	100	104	103
12	L_v	86	92	88	92	91
	v	9,98 · 10 ⁻⁴	1,99• 10 ⁻³	1,26• 10 ⁻³	1,99 · 10⁻³	1,77 · 10⁻³
	L_a	83	99	99	99	108
16	L_v	78	85	85	85	94
	v	7,07 · 10 ⁻⁴	8,85 · 10 ⁻⁴	8,85 · 10 ⁻⁴	8,85 · 10 ⁻⁴	$2,51 \cdot 10^{-3}$

				Реж	им работы		
			Транспортный	T=20	T=25	T=30	T=75
		L_a	103	103	102	102	106
	20	L_v	87	87	86	86	90
		v	$1,12 \cdot 10^{-3}$	$1,12 \cdot 10^{-3}$	9,98 • 10-4	9,98 • 10-4	1,58 · 10 ⁻³
		L_a	106	107	108	109	104
	25	L_v	88	89	90	91	86
<u>_</u>		v	1,26 · 10-3	$1,41 \cdot 10^{-3}$	1,58 · 10 ⁻³	$1,77 \cdot 10^{-3}$	9,98 · 10-4
, Г _п		L_a	100	100	102	103	105
ами	31,5	L_v	80	80	82	83	85
TOT		v	5,0 · 10 ⁻⁴	5,0 · 10 ⁻⁴	6,3 · 10 ⁻⁴	7,07 · 10 ⁻⁴	8,89 · 10 ⁻⁴
час		L_a	103	100	100	102	97
МИ	40	L_v	81	78	78	80	75
СКИ		v	5,61 · 10-4	3,97 · 10 ⁻⁴	3,97 · 10 ⁻⁴	5,0 · 10-4	2,81 · 10-4
иче		L_a	97	102	102	104	102
етр	50	L_{v}	73	78	78	80	78
-октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц		v	2,23 · 10 ⁻⁴	3,97 · 10 ⁻⁴	3,97 · 10 ⁻⁴	5,0 · 10 ⁻⁴	3,97 · 10-4
нег		L_a	96	96	98	97	105
теф:	63	L_{v}	70	70	72	71	79
o 00		v	$1,58 \cdot 10^{-4}$	$1,58 \cdot 10^{-4}$	1,99 · 10 ⁻⁴	1,77· 10 ⁻⁴	4,46 · 10 ⁻⁴
СЫ		L_a	100	95	97	96	99
ОПО	80	L_{v}	72	67	69	68	71
пе п		v	1,99 · 10-4	$1,12 \cdot 10^{-4}$	$1,41 \cdot 10^{-4}$	1,26· 10 ⁻⁴	1,77· 10⁻⁴
ВНБ		L_a	100	98	99	95	101
кта	100	L_v	70	68	69	65	71
1/3-0		v	1,58 · 10 ⁻⁴	$1,26 \cdot 10^{-4}$	$1,41 \cdot 10^{-4}$	8,89 · 10 ⁻⁴	1,77· 10⁻⁴
1,		L_a	102	102	102	99	110
	125	L_{v}	70	70	70	67	78
		v	1,58 · 10 ⁻⁴	1,58 · 10 ⁻⁴	1,58 · 10 ⁻⁴	$1,12 \cdot 10^{-4}$	3,97 · 10 ⁻⁴
	4.50	L_a	106	104	101	101	107
	160	L_{v}	72	70	67	67	73
		v	1,99 · 10 ⁻⁴	1,58 · 10 ⁻⁴	$1,12 \cdot 10^{-3}$	1,12-10-4	2,23 · 10-4

Примечания: L_a , дБ — уровень виброускорения; L_v дБ — уровень вибросокорости; v — виброскорость в м/с; T — сила тяги, кH.

Эффективность виброизоляции в опорных связях кабины с подмоторной рамой автогрейдера с достаточной для практики точностью можно оценить по показателю перепада вибрации на виброизоляторах [3].

$$\Pi B=10 \lg \left(\vartheta_0^2/\vartheta_b^2\right), \tag{1}$$

где ϑ_0 , ϑ_b — соответственно виброскорость на опорной поверхности до виброизолятора (рама) и после него (пол кабины).

Используя данные таблиц 1 и 2, определяется ПВ в 1/3-октавных полосах, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 Показатель перепада вибрации на виброизоляторах кабины на различных режимах работы автогрейдера

No -/-	Режим работы	1/3-октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц												
п/п	_	8	12	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
1	Транспортный	-6	-3	-5	-10	-3	6	9	8	14	16	12	13	17
2	T=20	-2	-2	-5	-14	-4	6	8	10	18	22	13	14	15
3	T=30	-3	1	-4	-8	-6	10	9	10	19	19	10	18	18
4	T=75	-1	-6	-5	-9	-7	7	9	17	18	18	16	13	16

Анализируя данные, представленные в Табл. 1-3, отмечаем, что наибольшая инфразвуковая и звуковая вибрации пола кабины возникает в 1/3-октавных полосах частот в диапазоне 8...25 Гц. Следовательно, виброизоляторы в опорных связях кабины в отмеченных 1/3-октавных полосах работают неэффективно, так как усиливают вибрацию пола на всех режимах работы автогрейдера, что отражается и на повышении уровня звукового давления (УЗД) и уровня звука (УЗ) в кабине.

В Табл. 4 представлены спектры УЗД и УЗ в кабине автогрейдера, полученные экспериментальным путем при выполнении типовых транспортно-технологических операций.

Таблица 4 Данные измерения УЗД и УЗ в кабине в 1/3-октавных полосах частот на различных режимах работы автогрейдера

No T/T	Режим работы		1/3-октавные полосы со среднегеометрическими частотами, Гц													
п/п		25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
1	Транспортный	82	77	72	65	66	72	74	71	74	65	72	77	81	67	70
2	T=20	80	77	73	73	72	73	77	72	73	69	74	75	78	66	70
3	T=25	75	77	74	75	73	71	76	75	73	75	78	77	80	79	78
4	T=30	75	78	75	75	72	74	78	79	73	79	82	78	57	83	76
5	T=75	79	79	73	78	75	74	81	85	80	79	83	79	53	77	74

№		1/3-0	1/3-октавные полосы со среднегеометрическими частота-										У3,
П/П	Режим работы		ми, Гц										Д
11/11		800	100	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	дБА
1	Транспортный	71	69	67	65	66	61	59	58	60	52	49	80
2	T=20	73	69	67	67	69	62	61	60	56	54	52	81
3	T=25	74	71	68	68	69	67	61	59	57	53	49	83
4	T=30	77	74	69	69	70	66	63	61	58	54	51	85
5	T=75	76	73	70	70	67	65	64	61	58	54	51	85

УЗ на тяговых режимах превышает значения, установленные нормативными документами [1]. При этом с увеличением силы тяги в пределах 20-75 кН УЗ повышается на 5 дБА. Наибольшие значения УЗД имеют место в 1/3-октавных полосах со среднегеометрическими частотами в диапазоне 25...315 Гц на тяговым режиме (Т=75 кН) и при 18...20 % буксования колесного движителя.

С целью снижения УЗД и УЗ в кабине автогрейдера необходимо установить основные источники виброакустической энергии и характерные частоты, на которых эта энергия излучается в окружающее пространство и в конструкции машины, генерирующая структурный шум.

На автогрейдере установлены: дизельный двигатель (ДВС) мощностью 175,6 кВт при 2000 об/мин; коробка перемены передач (КПП) гидромеханическая; карданные передачи верхняя, передающая крутящий момент от двигателя к КПП, и нижняя, передающая крутящий момент к заднему мосту; задняя тележка, включающая планетарный мост и два бортовых редуктора – балансира, на которых установлены колеса и тормоза.

Основными источниками виброакустической энергии на автогрейдерах являются двигатель, агрегаты, узлы трансмиссии и рабочие органы при выполнении технологических операций. Наибольшую вибрацию и шум генерируют двигатель внутреннего сгорания, карданные передачи, КПП и другие [2].

Определим характерные частоты, на которых звуковая вибрация генерирует структурный шум, проникающий в кабину через опорные связи (табл. 4). Для этого используем известные формулы [4].

Таблица 5 Определение характерных частот основных источников виброакустической энергии

		Результаты расчета	1/3-октавная полоса,
Причина вибрации		характерных частот	
Причина виорации	Формула	возмущающих сил,	ется данная частота,
		Гц	Гц
Į	Ц вигатель внутреннего	сгорания	
Неуравновешенность вра-			
щающихся деталей сил	$f_{g1} = k n_s / 60$	33	31,5
инерции первого порядка и	/gie/	33	31,3
их моментов			
Неуравновешенность вра-			
щающихся деталей сил	$f_{g2} = 2kn_s/60$	67	63
инерции второго порядка			

Причина вибрации	Формула	Результаты расчета характерных частот возмущающих сил, Гц	1/3-октавная полоса, в которой проявляет- ся данная частота, Гц						
Неуравновешенность дета- лей газораспределительного вала	$f_p = k n_e / (2 \cdot 60)$	17	16						
Трение в коренных под- шипниках коленчатого вала	$f_k = k z_{\scriptscriptstyle \rm T} n_{\scriptscriptstyle \rm F}/60$	400	400						
Удары клапанов (для четы- рехтактного ДВС m=2)	$f_k = k z_{kn} z_{ij} n_{e} / (60m)$	1200	1250						
Процесс сгорания топлив- ной смеси	$f_{\scriptscriptstyle T}={ m c}/2D$	3154	3150						
Перекладка зазоров в кривошипно-шатунном механизме	$f_{\rm s} = b z_{\rm H} n_{\rm e}/60$	400	400						
Кинематические погрешно- сти шестерни зубчатой пе- редачи газораспределитель- ного вала	$f_{\rm kp} = i \cdot z_{\rm kp} n_{\rm g} / (2 \cdot 60)$	2208	2000						
Частота сгорания топливной смеси в цилиндрах	$f_c = z_c n_e / (m \cdot 60)$	100	100						
Верхняя и нижняя карданные передачи									
Динамическая неуравновешенность за счет кинемати-	$f_{kb} = kn_{\rm KB}/60$	33	31,5						
ческих погрешностей	$f_{k_{\rm H}} = k n_{_{\rm KH}}/60$	9	8						

Обозначения, принятые в формулах: k=1,2 — номер гармоники; $n_{\rm g}$ — номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин; $\mathbf{z}_{\rm T}$ — число трущихся пар; $\mathbf{z}_{\rm KII}$ — число разновременно работающих клапанов; $\mathbf{z}_{\rm II}$ — число цилиндров двигателя; \mathbf{m} — коэффициент тактности; \mathbf{c} — скорость звука в газе при сгорании топлива; \mathbf{D} — диаметр цилиндра двигателя; \mathbf{b} — число перекладок зазора, определяемое по диаграмме нормальных сил; $\mathbf{z}_{\rm III}$ — число зубьев шестерни газораспределительного вала; \mathbf{i} — передаточное число зубчатой передачи газораспределительного вала; $\mathbf{z}_{\rm KII}$ — число зубьев колеса газораспределительного вала; $\mathbf{n}_{\rm KE}$ — частота вращения верхнего карданного вала; $\mathbf{n}_{\rm KII}$ — частота вращения нижнего карданного вала; $\mathbf{n}_{\rm KII}$ — передаточное число в КПП на первой передаче (3,632).

Из табл. 4 видно, какие причины узлы и механизмы являются генераторами инфразвуковой и звуковой вибрации, влияющие на шум в кабине. В частности, неуравновешенность кривошипно-шатунного механизма и карданных передач. Что касается карданных передач, то их уравновешивание должно производиться не только на балансировочных станках, но и непосредственно на месте установки с учетом геометрических погрешностей и присоединенных деталей. Способ динамической балансировки карданных передач на месте их установки предложен ранее [5].

С целью снижения структурного шума на низких частотах, помимо динамической балансировки необходимо применять более эффективные виброизоляторы в опорных связях ДВС, КПП и кабины. Например, для кабины целесообразно использовать виброизоляторы с изменяемой жесткостью, так как автогрейдер работает на разных режимах, что сопровождается различной вибрацией элементов конструкции кабины и это влияет на шум в кабине [6].

Снизить УЗД и УЗ в кабине можно за счет применения звукопоглощающей облицовки панелей кабины изнутри, но большая площадь остекления почти 40% ограничивают этот способ.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, необходимо отметить, что шум в кабине тяжелого автогрейдера на различных режимах работы превышает нормативные значения на 1-4 дБА. Одной из причин повышенного шума на низких частотах являются недостаточная уравновешенность деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов и карданных передач. Большая площадь остекления кабины не позволяет осуществить хорошую звукозащиту внутри кабины.

Из сказанного следует: для уменьшения шума в кабине необходимо провести динамическую балансировку карданных передач непосредственно на месте их установки; применять виброизоляторы с изменяемой жесткостью в опорных связях кабины, позволяющие снижать инфразвуковую и звуковую энергию источников на различных режимах работы автогрейдера; использовать более эффективные звукопоглощающие материалы внутри кабины, подкапотном пространстве ДВС и снизу его.

Библиографический список

- 1. Эйхлер Ф. Борьба с шумом и звукоизоляция зданий / Ф. Эйхлер. М.: Гос.изд. литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. 310 с.
- 2. Иванов Н.И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах / Н.И. Иванов. М.: Транспорт, 1987. 223. с.
- 3. Филиппов В.И. Охрана труда при эксплуатации строительных машин / В.И. Филиппов. М.: Высшая школа, 1984. 247 с.
- 4. Справочник по судовой акустике. / Под ред. И.И. Клюкина, И.И. Боголепова. Л.: Судостроение, 1978. 504 с.
- 5. Тольский В. Е. Виброакустика автомобиля / В.Е. Тольский. М.: Машиностроение, 1988. 139 с.
- 6. Резиновые виброизоляторы: Справочник / Под ред. А.В. Ланцберга. Л: Судостроение 1988.-216c.
- 7. Жулай В.А., Авдеев В.П. Обоснование режимов виброакустического диагностирования зубчатых передач строительных и дорожных машин. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. №4. С. 171-176.
- 8. Жулай В.А., Щиенко А.Н., Корыпаев А.С. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2012. №1. С. 296-299.

- 1. Eykhler F. Fight against noise and sound insulation of buildings. Moscow, 1962, 310 pp.
- 2. Ivanov N. I. Fight against noise and vibrations on traveling and construction Cars. Moscow, 1987, 223 pp
 - 3. Filippov V. I. Labor protection at operation of construction cars. Moscow, 1984, 247 pp.
- 4. Directory on ship acoustics. / Under the editorship of I.I.Klyukina, I.I.Bogolepova. Leningrad, 1978, 504 pp.
 - 5. Tolsky V.E. Vibroakustika car. Moscov 1988, 139 pp.
- 6. Rubber vibroinsulator: The directory / Under the editorship of A.V.Lantsberg. Leningrad, 1988, 216 pp.

УДК 62-231.311

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Д-р. техн. наук, проф. кафедры строительной техники и инженерной механики Ю.Ф. Устинов, канд. техн. наук, доц. кафедры высшей математики Е.И. Ханкин, канд. техн. наук, доц. кафедры строительной техники и инженерной механики А.Н. Щиенко Россия, Воронеж, тел. 8(4732)71-59-18 Russia, Voronezh, tel. 8(4732)71-59-18 E-mail: ust@vgasu.vrn.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Dr. Sci. Tech., professor of the pulpit of construction machinery and engineering mechanics Yu.F. Ustinov, D.Sc. (Engineering), PhD prof. E.I. Khankin, Kand. Tehn. Sciencts, assistant professor of the pulpit of construction machinery and engineering mechanics A.N. Shchivenko

E-mail: ust@vgasu.vrn.ru

Ю.Ф. Устинов, Е.И. Ханкин, А.Н. Щиенко

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОЛЕЛЬ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ШАТУНА

Для увеличения надежности машин и механизмов, подверженным динамическим нагрузкам, необходимо снизить импульсные нагрузки на элементы конструкции. Одним из путей снижения нагрузок является включение в одно из звеньев упругого элемента. На примере кривошипно-ползунного механизма с упругим элементом разработана математическая модель, позволяющая оценить снижение импульсной нагрузки. Данная математическая модель может использоваться при анализе и синтезе аналогичных четырехзвенных механизмов с упругими звеньями.

Ключевые слова: кривошипно-ползунный механизм, импульсные нагрузки, упругое звено, математическая модель, анализ, синтез, надежность.

Y.F. Ustinov, E.I. Khankin, A.N. Shchiyenko

THE MATHEMATICAL MODEL OF CRANK-TYPE MECHANISM WITH REGARD OF INFLUENCE OF ELASTIC DEFORMATION OF THE ROD

To increase the reliability of cars and the mechanisms that subjected dynamic loadings it is necessary to lower pulse loads of design elements. One of ways of decreasing the loadings is inclusion an elastic element to one of the links. On the example of the crank-type mechanism with an elastic element the mathematical model was processed that allows to estimate the decrease of pulse loading. This mathematical model can be used in the analysis and synthesis of similar four-tier mechanisms with elastic links.

Keywords: the crank-type mechanism, pulse loading, elastic link, mathematical model, analysis, synthesis, reliability.

В конструкциях погрузочно-разгрузочных, трамбовочных, транспортирующих и других машинах, а также в питателях и дозаторах широкое применение находят шарнирнорычажные механизмы. Многие из перечисленных машин и механизмов под влиянием больших силовых нагрузок, зачастую импульсного или ударного характера, подвержены интенсивному износу, ведущему к их частым поломкам. Так на шарнирное соединение стрелы со стойкой гидроманипулятора погрузчика, как показал эксперимент, при максимальном вылете манипулятора 4,66 м и грузе весом 9,8 кН приходится статическая нагрузка порядка 44 кН; в периоды разгона груза или замедлении при опускании груза нагрузка достигает порядка 90 кН. Таким образом, динамическая нагрузка более чем в два раза превышает статическую, причем она носит импульсный характер.

Как показывают статистические данные многих заводов-изготовителей погрузочноразгрузочных машин результатом импульсных нагрузок особенно в периоды неустановившегося движения груза: разгона или торможения, наблюдаются разрывы цепей челюстных захватов, трещины продольной балки стрелы, трещины рамы стрелы и рамы подвески. Имеют место разрывы рукавов высокого давления, повреждения маслопроводов и другие. В целом по технологическому оборудованию отказы составляют 52,98 %.

Для увеличения надежности механизмов, подверженным динамическим нагрузкам, необходимо снизить импульсные нагрузки на звенья и шарнирные соединения являются включения в конструкции механизмов упругих элементов, которые имеют небольшой вес и размеры, позволяют аккумулировать значительное количество механической энергии. При этом моменты и усиления не зависят от положения элемента в пространстве и пропорциональны упругой деформации [1].

Из изложенного следует необходимость дальнейшего развития динамического и кинематического анализа шарнирно-рычажных механизмов с упругими звеньями или в включенными в них упругими элементами.

Для исследования любого механизма первоочередным является создание его математической модели. Наличие математической модели позволяет разработчику, имеющему исходные данные конструиромого механизма, получить машину с требуемыми законами движения исполнительных органов, либо включить элементы, снижающие импульсные силовые нагрузки или удары.

Рассмотрим кривошипно-ползунный механизм с упругим шатуном, схема которого изображена на рис. 1.

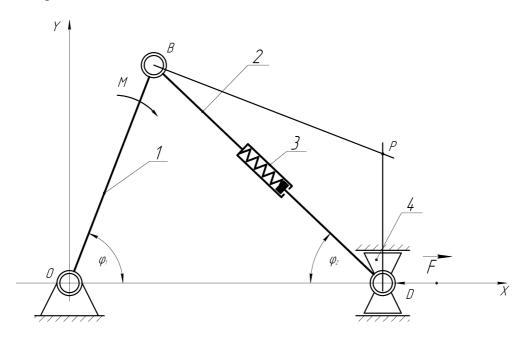


Рис.1. Схема кривошипно-ползунного механизма с упругим элементом в шатуне: 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – упругий элемент; 4 - ползун

Обозначив параметры механизма OB = r, I_1 — момент инерции кривошипа; OB, BD = l — длина недеформированного шатуна; c — коэффициент жесткости шатуна; I_2 — момент инерции шатуна с учетом присоединенной массы ползуна относительно мгновенного центра скоростей P; M — приведенный момент сил, приложенных к кривошипу, \vec{F} — главный вектор сил, приложенных к ползуну D, масса которого равна m.

Приняв за обобщенные координаты звеньев механизма φ_1 и φ_2 , где φ_1 – угол между кривошипом и осью OX, φ_2 – угол между шатуном и той же осью, потенциальная энергия механической системы с учетом упругой деформации шатуна будет определяться выражением

$$\Pi = \frac{c}{2} (l - AB)^2 \tag{1}$$

Кинетическая энергия равна

$$T = \frac{I_1 \dot{\varphi}_1^2}{2} + \frac{I_2 \dot{\varphi}_2^2}{2} \tag{2}$$

Используя уравнение Лагранжа 2-го рода

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_i} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_i} + \theta_i \tag{3}$$

где θ_i – обобщенные силы, i = 1, 2.

Получим систему дифференциальных уравнений

$$\begin{split} \left[\ddot{\varphi}_{l}\left[I + mr^{2}\left(\sin^{2}\varphi_{l} - 2\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}ctg\varphi_{2} + \cos^{2}\varphi_{l}ctg^{2}\varphi_{2}\right)\right] + \\ + \varphi_{l}^{2}mr^{2}\left(\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l} - \cos^{2}\varphi_{l}ctg\varphi_{2} + \sin^{2}\varphi_{l}ctg\varphi_{2} - \cos^{2}\varphi_{l}ctg\varphi_{2}\right) \\ - \sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}ctg^{2}\varphi_{2}\right) + 2\dot{\varphi}_{l}\dot{\varphi}_{2}mr^{2}\left(\frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} - \frac{\cos^{2}\varphi_{l}ctg\varphi_{2}}{\sin^{2}\varphi_{2}}\right) + \\ + \ddot{\varphi}_{2}mr^{2}\left(\frac{\sin^{2}\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} - \frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}\cos\varphi_{2}}{\sin^{3}\varphi_{2}}\right) + \\ + 2\dot{\varphi}_{2}mr^{2}\left(\frac{\sin^{2}\varphi_{l}\cos\varphi_{2}}{\sin^{3}\varphi_{2}} - \frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}\cos\varphi_{2}}{\sin^{4}\varphi_{2}}\right) + cr^{2}\frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} - crl\frac{\cos\varphi_{l}}{\sin\varphi_{2}} = M \end{split} \tag{4}$$

$$\ddot{\varphi}_{2}mr^{2}\frac{\sin^{2}\varphi_{l}}{\sin^{4}\varphi_{2}} - 2\varphi_{2}^{2}mr^{2}\frac{\sin^{2}\varphi_{l}\cos\varphi_{2}}{\sin^{5}\varphi_{2}} + 2\dot{\varphi}_{l}\dot{\varphi}_{2}mr^{2}\frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{4}\varphi_{2}} + \\ + \ddot{\varphi}_{l}mr^{2}\left(\frac{\sin^{2}\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} - \frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}\cos\varphi_{2}}{\sin^{3}\varphi_{2}}\right) + \dot{\varphi}_{l}^{2}mr^{2}\left(\frac{\sin^{2}\varphi_{l}\cos\varphi_{2}}{\sin^{3}\varphi_{2}} + \frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}}\right) + crl\frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} - cr^{2}\frac{\sin^{2}\varphi_{l}\cos\varphi_{2}}{\sin^{3}\varphi_{2}} = -Fr\frac{\sin\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} + \\ + \frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} - \frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} - cr^{2}\frac{\sin^{2}\varphi_{l}\cos\varphi_{2}}{\sin^{3}\varphi_{2}} = -Fr\frac{\sin\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} + crl\frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{2}\varphi_{2}} - cr^{2}\frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{3}\varphi_{2}} - cr^{2}\frac{\sin\varphi_{l}\cos\varphi_{l}}{\sin^{3}\varphi_{2}}$$

Применяя метод последовательных малых перемещений – шаговую линеаризацию [2] нелинейной системы (4) при известной функции $\varphi_2 = \varphi_2(t)$, получаем дифференциальное уравнение движения кривошипа

$$I\ddot{\varphi}_{li} - \frac{cr^2 \beta_i \varphi_{li}}{(\gamma_i + \delta_i \varphi_2)^2} = M - crl\beta_i + \frac{cr^2 \alpha_i \beta_i}{(\gamma_i + \delta_i \varphi_2)^2}$$
(5)

где α_i , β_i , γ_i , δ_i – определены в [2]

Полученное дифференциальное уравнение (3) является линейным относительно искомой функции $\varphi_2 = \varphi_2(t)$ типа уравнение Хилла [3], [4].

Возвращаясь к вопросу статического размещения массы шатуна, отметим, что в этом случае результирующая сила инерции масс, сосредоточенных в замещающих точках, равна силе инерции всего звена, которое подразумевается однородным, так как выполняются условия:

- 1) сумма масс, сосредоточенных в замещающих точках, равна массе всего звена;
- 2) общий центр масс, сосредоточенных в замещающих точках, совпадает с центром масс звена [5], [6].

Однако, при этом результирующая пара сил инерции масс, сосредоточенных в замещающих точках, не эквивалентна паре сил инерции звена, иными словами, не выполняется условие динамического распределения массы звена, т.е. сумма моментов инерции масс, сосредоточенных в замещающих точках, относительно оси, проходящей через общий центр масс, не равна моменту инерции звена относительно этой же оси. При составлении дифференциальных уравнений движения механизма статическое размещение массы упругого шатуна вносит ошибку в выражение кинетической энергии системы, тем меньшую, чем меньше размещаемая масса по сравнению с массами других звеньев. В случае, если размещаемая масса звена сравнительно мала, то ею в некоторых случаях можно пренебречь; если же она такова, что даже статическое размещение ее влечет большую погрешность в расчетах, то кинетическую энергию в этом случае для звена можно выразить отдельно. Рассмотрим кривошипно-ползунный механизм с упругим шатуном (рис. 1).

Кинетическая энергия звена BD для каждого момента времени может быть выражена формулой

$$T_{BD} = \frac{1}{2} \left[\frac{m_I (BD)^2}{12} + m_I (CP)^2 \right] \omega^2$$
 (6)

где m_1 – масса шатуна;

BD – длина шатуна,

$$BD = \frac{r\sin\varphi_1}{\sin\varphi_2},\tag{7}$$

 $\left(CP\right)^{2}$ - квадрат расстояния от центра масс C до мгновенного центра скоростей P звена BD,

$$(CP)^{2} = 0.5r^{2} \left[\left(\frac{\sin^{2}(\varphi_{1} + \varphi_{2})}{\cos^{2}\varphi_{1}\sin^{2}\varphi_{1}} + \frac{\sin^{2}\varphi_{1}\sin^{2}(\varphi_{1} + \varphi_{2})}{\cos^{2}\varphi_{1}\sin^{2}\varphi_{2}} \right) - \frac{\sin^{2}\varphi_{1}}{2\cos^{2}\varphi_{2}} \right], \tag{8}$$

 ω – угловая скорость BD,

$$\omega = \frac{\dot{\varphi}_1 \cos \varphi_1 \sin \varphi_2}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)} \tag{9}$$

Подставляя (7), (8), (9) в (6), получим дифференциальное уравнение с учетом динамического распределения масс.

На рис. 2 представлена осциллограмма изменения нагрузки на подвесе грузового захвата челюстного погрузчика.

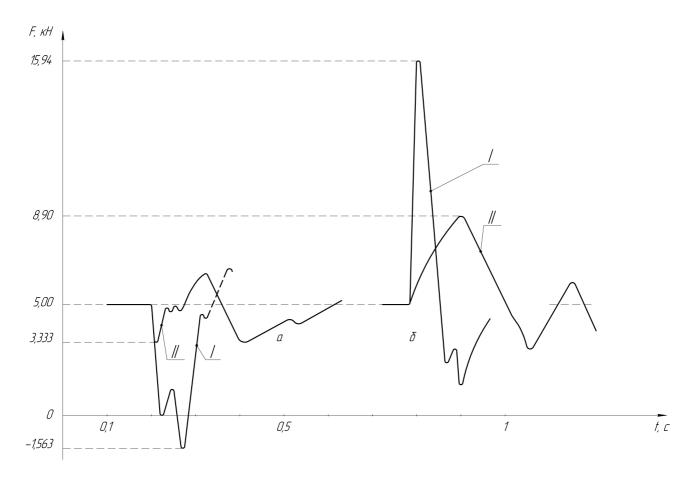


Рис. 2. Изменение силовой нагрузки на подвесе грузового захвата погрузчика ПЛО-1А: а – начало спуска; б – остановка; І – без упругого элемента; ІІ – с упругим элементом

Видно, что в приведенном примере импульсная нагрузка снижается в 2 раза по сравнению со схемой, в которой отсутствует упругий элемент. С увеличением, в пределах допустимого, нагрузки на грузовой захват положительный эффект будет еще большим.

Следует отметить, что запись осциллограмм нагрузок на звенья исполнительных механизмов велась одновременно с записью давлений в гидросистеме манипулятора с помощью датчика давления масла, что позволило установить существенное сглаживание пиков давления в гидросистеме.

Полученная математическая модель позволяет исследовать и синтезировать подобные четырехзвенные механизмы с упругими звеньями с учетом конструктивных и динамических факторов для проектирования машин с нужными технологическими свойствами.

Библиографический список

- 1. Кожевников С.Н. Динамика машин с упругими звеньями. Киев, Изд. АНУССР, 1961. 160 с.
- 2. Нартов П.С., Ханкин Е.И. «Пути снижения динамических нагрузок в механизмах лесных погрузчиков». Известия высших учебных заведений. Лесной журнал №4, 1978.
 - 3. Камке. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 1976.
- 4. Корн Т., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1970.
 - 5. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975.
 - 6. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин. М.: Наука, 1975.
 - 7. Сахарный Н.Ф. Курс теоретической механики. М.: Высшая школа, 1962.

- 1. Kozhevnikov S.N.Dynamics of cars with elastic links. Kiev, Prod. ANUSSR, 1961. 160 pages.
- 2. Nartov P. S., Hankin E.I. "Ways of decrease of dynamic loadings in mechanisms of forest loaders". News of higher educational institutions. Forest magazine No. 4, 1978.
 - 3. Kamke. Directory on the ordinary differential equations. M: Science, 1976.
- 4. Korn G., Korn T. The directory on mathematics for scientists and engineers. M: Science, 1970.
 - 5. Artobolevsky I.I.Theory of mechanisms and cars. M: Science, 1975.
 - 6. Zinovyev V.A. Course of the theory of mechanisms and cars. M: Science, 1975.
 - 7. Sakharny N.F.Course of theoretical mechanics. M: The higher school, 1962.

УДК 621.791.3

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, Канд. техн. наук, доценты кафедры строительной техники и инженерной механики И.А. Фролов, В.А. Муравьев Россия, г. Воронеж, тел. 8(4732)71-59-18

Voronezh State University of Architecture And Civil Engineering, Cand. Tech. Sci., docents construction equipment and engineering mechanics I.A. Frolov, V.A. Muraviev Russia, Voronezh, tel. 8(4732)71-59-18

И.А. Фролов, В.А. Муравьев

СОЕДИНЕНИЕ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ И КОРПУСНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ МЕТОДОМ ПАЙКИ

Представлены результаты технологического процесса высоко температурной пайки стыков трубопроводов композитным (порошковым) припоем. Доказаны высокая надежность и качество полученных соединений.

Ключевые слова: пайка, стыки труб, композитный припой, высокое качество соединений.

I.A. Frolov, V.A. Muraviev

CONNECTION OF TELESCOPIC AND HULL THIN-WALLED PIPES METHOD OF SOLDERING

Results of technological process of the temperature soldering of joints of pipelines are presented by composit (powder) solder. High reliability and quality of the received connections are proved.

Keywords: the soldering, joints of pipes, composit solder, high quality of connections.

В современной авиационной, атомной, химической, автомобильной, тракторной и многих других отраслях техники широко применяются тонкостенные трубопроводы для топливных, масляных, кислотных, кислородных и других систем.

Эти трубопроводы относятся к конструкциям ответственного назначения: от их качества зависит надежная безаварийная работа двигателей машин, различных агрегатов и установок. Как правило, трубопроводы работают в сложных условиях: под высоким давлением, при низких и высоких температурах, в условиях повышенной вибрации и частых сменах нагрева и охлаждения.

В машиностроении известны случаи разрушения трубопроводов из-за неудовлетворительного качества сварных (паяных) соединений, обусловленных технологией стыковки (рис. 1) [1].

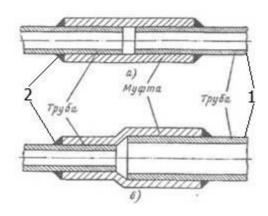


Рис.1. Схема стыковки труб [1]: а) одинакового; б) разного диаметров; 1 - трубы; 2 – герметизирующие галтели, образованные сваркой или пайкой

Как видно из схемы, прочность и герметичность конструкции обеспечиваются лишь галтелями соединения, образованными сваркой или газопламенной пайкой стальных трубопроводов (бронза, латунь). В зоне контакта концов труб с втулкой не гарантируется надежность соединений из-за возможной щелевой коррозии, а применение газопламенной пайки латунью или бронзой связано с повышенной пористостью паяных швов из-за испарения цинка или марганца, входящих в состав припоя [2].

Данная работа посвящена получению неразъемных соединений тонкостенных (~ 1.0 мм) трубопроводов из стали 10X18H10T с корпусными деталями и телескопическими конструкциями методом высокотемпературной ($> 1250^{\circ}C$) пайки.

При пайке трубопроводов с корпусными деталями капиллярный зазор фиксировался переходной посадкой H7/k6, обеспечивавшей отсутствие заплавлений проходного сечения трубопровода.

Для получения телескопических соединений с целью повышения качества в процессе пайки осуществляли вибрацию одной трубы в осевом, а другой - радиальном направлениях [3]. Чтобы исключить процесс испарения компонентов припоя и улучшить условия пайки, нагреватель размещали таким образом, что его центральная зона в процессе нагрева приходилась на наиболее массивную часть стыка трубопровода (рис. 2).

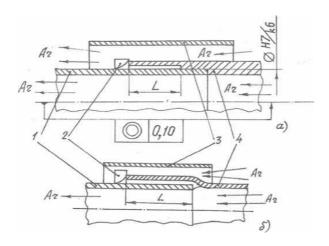


Рис. 2. Схемы пайки труб:

а) с корпусными деталями; б) телескопических соединений; 1 - охватываемые трубы; 2 - кольца припоя;. 3 - нагреватель; 4 - охватывающие трубы; Аг - защитный газ (аргон); L - длина стыка, равная 1,25 Ø трубы

Кроме того, для обеспечения более равномерного нагрева соединяемых деталей защитный газ (аргон) подавался в зону пайки через распылитель: это позволило исключить образование крупнозернистой структуры металла в зоне пайки [4]. Подачу аргона прекращали после охлаждения стыка до температуры 200-250°С.

Для пайки был применен порошкообразный припой с гранулами 10-200 мкм, и температурой плавления 1070°С следующего состава (%): 38-55 Mn; 4-8 Cr; 2-4 Fe; 0,05-0,2B; 2-4 Si; 2-6 W; остальное Ni [5], из которого прессовались кольца, надеваемые на концы труб при сборке. Объем припоя рассчитывался с учетом образования паяного шва с галтелями соединения и частичного испарения некоторых компонентов (Мп, В) в процессе пайки.

Для телескопических соединений на конце одной из соединяемых труб формировали раструб, конец другой - подвергали калибровке и торцовке [6].

Перед пайкой концы труб обрабатывали органическими растворителями. Пайку труб выполняли на установке УПТ- 4, оснащенной навесными нагревательными устройствами типа НПТ12-50, обеспечивавшими нагрев концов труб до температуры 1150-1250°С за 10-15с.

Рассмотренный способ пайки исключил трудоемкую накатку концов труб для фиксирования зазора между деталями [7].

Качество паяных соединений подвергалось строгому контролю: визуальному осмотру, калиброванным шариком проверялась стабильность размеров внутреннего диаметра трубопровода на отсутствие скоплений припоя. Ультразвуковой и рентгеновский методы контроля выявляли наличие непропаев и пористости в паяных швах. Все паяные соединения подвергались проверке на герметичность избыточным давлением 39,3 МПа, от партии деталей одна подвергалась нагрузке до разрушения, которое происходило по основному металлу без разрушения паяного шва [8].

Паяный шов для более объективной оценки качества подвергался металлографическому анализу: оценивалась структура паяного шва, выявлялись нерастворимые тугоплавкие частицы (W), окруженные относительно легкоплавкой эвтектической (Ni-Mn) составляющей (рис. 3).

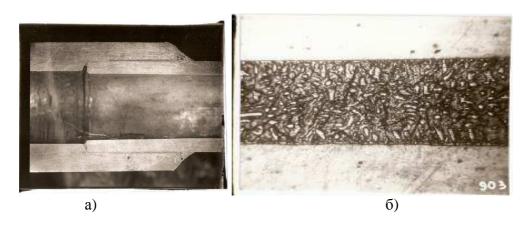


Рис. 3. Разрез соединения трубопровода (а) и структура паянного шва (б): тугоплавкие частицы припоя окружены легкоплавкой составляющей. x200

Вывод

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать технологию бесфлюсовой пайки труб композитным припоем в защитной среде аргона для широкого промышленного применения в различных отраслях промышленности.

Библиографический список

1. А.И. Губин и А.М. Китаев. Сварка и пайка тонкостенных трубопроводов. «Машиностроение» М.: 1964, 112 с.

- 2. С.Н. Лоцманов и И.Е. Петрунин. Пайка металлов. «Машиностроение» М.: 1966, 251 с.
- 3. A.c. 575193 СССР, МКИ2 B23К 31/06.
- 4. A.c. 680828 СССР, МКИ2 В23К 3/00.
- 5. И. А. Фролов и К.И. Фролов. Пайка ниппельных соединений стальных трубопроводов малых диаметров. «Сварочное производство», №7, 1986, с. 15-16.
- 6. И.А. Фролов и К.И. Фролов. Высокотемпературная пайка телескопических соединений стальных трубопроводов. «Автоматическая сварка» №2, 1987, с. 75-76.
- 7. И.А. Фролов и В.А. Муравьев. Высокотемпературная пайка стальных трубопроводов с применением накатки. «Научный вестник ВГАСУ», выпуск № 3, 2004, с. 85-86.
- 8. И.А. Фролов, К.И. Фролов. Неразъемные соединения стальных трубопроводов, выполненные методом пайки. В Сб. «Прогрессивная технология сварочного производства». Межвузовский сборник научных трудов. Воронежский политехнический институт. Воронеж. 1989, с 102-106.

- 1. A.I.Gubin and A.M. Kitaev. Welding and the soldering of thin-walled pipelines. "Mechanical engineering" M: 1964, 112 p.
- 2. C.H. Locmanov and I.E.Petrunin. The soldering of metals. "Mechanical engineering" M: 1966, 251 p.
 - 3. A.c. 575193 USSR, MЮ2 B23K 31/06.
 - 4. A.c. 680828 USSR, MIO2 B23K 3/00.
- 5. I.A. Frolov and K.I. Frolov. The soldering nipple connections of steel pipelines of small diameters. « Welding manufacture», №7, 1986, p. 15-16.
- 6. I.A. Frolov and K.I. Frolov. A high-temperature soldering of telescopic connections of steel pipelines. «Automatic welding» №2, 1987, p. 75-76.
- 7. I.A. Frolov and V.A. Muravev. A high-temperature soldering of steel pipelines with application knurling. «Scientific bulletin VGASU», release № 3, 2004, p. 85-86.
- 8. I.A. Frolov, K.I. Frolov. The one-piece connections of steel pipelines executed by a method rations. In col. «Progressive Technology of welding manufactures ». The interuniversity collection of proceedings. The Voronezh polytechnical institute. Voronezh. 1989, p 102-106.

УДК 691.791

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной техники и инженерной механики А.В. Черных Россия, г. Воронеж, тел.: (473)271-59-18; e-mail: alexander.v.chernyh@gmail.com

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Ph. D. In Engineering, Assoc. Prof. of Building Technics and Engineering Mechanics A.V. Chernykh Russia, Voronezh, tel.: (473)271-59-18; e-mail: alexander.v.chernyh@gmail.com

А.В. Черных

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ФОРМЫ ЭЛЛИПСОИДНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КАПЛИ НА ТОРЦЕ ЭЛЕКТРОДА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Исследована устойчивость формы заряженной металлической электродной капли, имеющей вид осесимметричного эллипсоида вращения при дуговой сварке в постоянном продольном магнитном поле. Показано, что эллипсоид не является устойчивой формой. Отмеченная особенность способствует отрыву капли с торца электрода и тем самым увеличивает скорость плавления последнего без дополнительных энергозатрат.

Ключевые слова: дуговая сварка, магнитное поле, плавление электрода, неустойчивость формы эллипсоидной капли, повышение производительности расплавления электрода при неизменной тепловой мощности электрической дуги.

A.V. Chernykh

INSTABILITY OF THE SHAPE OF AN ELLIPSOID METAL DROP ON AN ELECTRODE END DURING MAGNETIC ARC WELDING

The study was made of the stability of the shape of the charged metal electrode drop that is shaped like an axial-symmetric ellipsoid of rotation during arc welding in a constant longitudinal magnetic field. It is shown that the ellipsoid does not have a stable shape. This contributes to the drop breaking away from the electrode end and thereby increasing the melting rate of the latter with no extra energy costs needed.

Keywords: arc welding, magnetic field, electrode melting, instability of the shape of an ellipsoid drop, improvement of the efficiency of electrode melting with the heat power of an electric arc staying unchanged.

В работе [1] было показано, что при дуговой сварке во внешнем в постоянном магнитном поле металлическая капля на торце электрода меняет свою форму, превращаясь из сфероидальной в эллипсоидальную. Такое изменение формы связано с появлением центробежных сил в объеме капли, которые имеют электромагнитную природу и способствуют дроблению последней. При этом увеличиваются частота каплепереноса, улучшается теплопередача от дуги к твердому металлу. Этот факт является причиной повышения скорости расплавления электрода при неизменной тепловой мощности сварочной дуги.

В настоящей работе исследовали устойчивость заряженной капли идеально проводящей жидкости, имеющей форму осесимметричного эллипсоида вращения.

Обозначим обобщенную координату, отсчитываемую от положения равновесия, через q. Кинетическая энергия капли при вращательном движении [2]

$$T = \frac{1}{2}I\dot{q}^2,$$

где I – момент инерции капли относительно оси вращения.

В однородном поле потенциальная энергия силы тяжести [3]

$$\Pi = -Cq$$
,

где C – постоянный коэффициент.

Положительность коэффициента C следует из того, что процесс формирования и отрыва капли от электрода носит линейный периодический характер с сигналами треугольной формы [4].Следовательно, размеры капли растут, начиная от некоторой положительной величины [4] до некоторого предельного значения. Следовательно, константа C > 0.

Силой вязкого трения пренебрегаем при температурах значительно выше температуры плавления металла [5].

Составим уравнение возмущенного движения (за невозмущенное принимаем состояние покоя, при которых $q=0,\ \dot{q}=0$). В случае потенциальных сил уравнение Лагранжа примет вид

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial T}{\partial q} = -\frac{\partial \Pi}{\partial q}.$$

Учитывая выражения для T и Π , получим

$$I\ddot{q} = C$$
.

Положим $\dot{q} = x_1$, $q = x_2$ тогда $\dot{x}_2 = x_1$.

С учетом принятых обозначений уравнение возмущенного движения примет вид

$$I\dot{x}_{1} = C. \tag{*}$$

В качестве функции Ляпунова возьмем полную механическую энергию [6]:

$$E = T + \Pi$$
$$E = \frac{1}{2}I\dot{q}^2 + Cq.$$

или

В новых обозначениях

$$E=rac{1}{2}Ix_1^2+Cx_2\,,$$
 $\dot{E}=Ix_1\dot{x}_1^2+C\dot{x}_2\,.$ $\dot{x}_1=rac{C}{I}\,.$ Тогда $\dot{E}=Ix_1rac{C}{I}+Cx_1=2Cx_1\,.$

Так как при $t>t_0$ $x_1>0$, то $\dot{E}>0$ и, следовательно, форма капли в виде эллипсоида вращения не является устойчивой.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что при дуговой сварке плавящимся электродом, форма жидкой капли, имеющей вид сплюснутого эллипсоида вращения, является неустойчивой. Это дополнительно приводит к уменьшению времени ее существования на электроде, снижению демпфирующего действия на тепловой поток, и, следовательно, к увеличению скорости расплавления электрода при неизменной тепловой мощности сварочной дуги.

Такая трактовка влияния электромагнитного поля на процесс плавления электрода вполне адекватна реальности, так как объясняет экспериментально обнаруженные закономерности [1].

Несмотря на логическую простоту, происходящих физических явлений, решение конкретных задач связано с рядом трудностей. В первую очередь, из-за того, что поверхность капли, имеющая в поперечнике размеры порядка нескольких миллиметров, одновременно представляет собой твердую, жидкую и газообразные фазы. Следовательно, решения, полученные для каждой части сшиваются на граничных поверхностях, что до настоящего времени не позволяет установить достаточно точной количественной оценки всех происходящих явлений и является актуальной и вместе с тем сложной научно-технической задачей.

Библиографический список

- 1. Болдырев, А.М. Особенности плавления электродного металла при сварке во внешнем продольном магнитном поле / А.М. Болдырев, В.А. Биржев, А.В. Черных // Сварочное производство. 1991. № 5. С. 28-30.
- 2. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики. Т. 2 / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. М.: Наука, 1985. 496 с.
- 3. Ландау, Д.Л. Теоретическая физика. Т. 1. Механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. М.: Физматгиз, 2007. 224 с.
- 4. Болдырев, А.М. Влияние основных характеристик каплепереноса на среднюю скорость плавления электрода / А.М. Болдырев, В.А. Биржев, А.В. Черных // Сварочное производство. 1995. № 1. С. 6-8.
- 5. Черных, А.В. К оценке угловой скорости вращения жидкого металла при дуговой сварке в постоянном продольном магнитном поле / А.В. Черных, В.В. Черных // Известия вузов. Строительство. 2011. № 10. С. 108-111.
- 6. Меркин, Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения / Д.Р. Меркин. М.: Наука, 1976. 320 с.

- 1. Boldyrev, A.M. Osobennosti plavleniya elektrodnogo metalla pri svarke vo vneshnem prodol'nom magnitnom pole / A.M. Boldyrev, V.A. Birzhev, A.V. Chernykh // Svarochnoe proizvodstvo. 1991. № 5. S. 28-30.
- 2. Butenin, N.V. Kurs teoreticheskoi mekhaniki. T. 2 / N.V. Butenin, Ya.L. Lunts, D.R. Merkin. M.: Nauka, 1985. 496 s.
- 3. Landau, D.L. Teoreticheskaya fizika. T. 1. Mekhanika / L.D. Landau, E.M. Lifshits. M.: Fizmatgiz, 2007. 224 s.
- 4. Boldyrev, A.M. Vliyanie osnovnykh kharakteristik kapleperenosa na srednyuyu skorost' plavleniya elektroda / A.M. Boldyrev, V.A. Birzhev, A.V. Chernykh // Svarochnoe proizvodstvo. 1995. № 1. S. 6-8.
- 5. Chernykh, A.V. K otsenke uglovoi skorosti vrashcheniya zhidkogo metalla pri dugovoi svarke v postoyannom prodol'nom magnitnom pole / A.V. Chernykh, V.V. Chernykh // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2011. N0 10. S. 108-111.
- 6. Merkin, D.R. Vvedenie v teoriyu ustoichivosti dvizheniya / D.R. Merkin. M.: Nauka, 1976.- 320 s.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

УДК.539.3:534.1

Военный учебно-научный центр Военновоздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Старший научный сотрудник Л.А. Кукарских Доктор физ.-мат. наук, научный сотрудник В.С. Поленов Россия, г. Воронеж, тел. +7-906-673-52-37 e-mail: kukarskih.liubov@yandex.ru

The Military training and scientific center Sky force «Air Force Academy name of professor Jukovckogo and Gagarina» (Voronezh)

Senior staff scientist L.A. Kukarskikh Doctor of Physico-Mathematical Science, scientific officer V.S. Polenov Russia, Voronezh, tel. +7-906-673-52-37 e-mail: <u>kukarskih.liubov@yandex.ru</u>

Л.А. Кукарских, В.С. Поленов

К РАСПРОСТРАНЕНИЮ ЗВУКОВЫХ ВОЛН В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СРЕДАХ

Исследуются диссипативные процессы при гармоническом деформировании наследственно - упругих пористых сред, насыщенных несжимаемой жидкостью. Наследственные свойства упругой фазы описываются ядром Абеля интегро-дифференциальных соотношений Больцмана-Вольтерра. Получены формулы для определения коэффициента затухания, скорости распространения звуковой волны и тангенса угла механических потерь в зависимости от частоты, температуры и параметра дробности у.

Ключевые слова: звуковая волна, пористость, коэффициент затухания, скорость распространения, тангенс угла механических потерь, частота, параметр дробности.

L.A. Kukarskikh, V.S. Polenov

ADVANCE OF SOUND WAVES IN TWO-COMPONENT MEDIUM

We study the dissipative processes in the harmonic deformation hereditary-elastic porous media, incompressible fluid saturated. The hereditary properties of elastic phase to be described nucleus Abel of integro-differential relations Boltzmann-Volterra. The formulas for determining the attenuation coefficient, velocity of propagation sound wave and the dissipation factor mechanical depending on frequency, temperature and parameter of fractional γ .

Keywords: sound wave, porosity, attenuation coefficient, velocity of propagation, dissipation factor mechanical, frequency, parameter of fractional.

Вопросам динамики в насыщенной жидкостью упругой пористой среде посвящены работы [1-6], в которых рассматривается распространение упругих волн в однородной изотропной насыщенной жидкостью пористой среде и решены задачи об отражении плоских и поверхностных волн от свободной границы полупространства. В [7,8] рассматриваются диссипативные процессы при гармоническом деформировании наследственно-упругой среды.

Система уравнений теории упругости позволяет записать уравнения движения двух-компонентной среды относительно перемещения $u^{(\alpha)}$ ($\alpha=1,2$) в следующем виде [4]

$$\mu u_{,xx}^{(I)} + Q u_{,xx}^{(2)} = \rho_{II} \ddot{u}^{(I)} + \rho_{I2} \ddot{u}^{(2)}$$

$$Q u_{,xx}^{(I)} + R u_{,xx}^{(2)} = \rho_{I2} \ddot{u}^{(I)} + \rho_{22} \ddot{u}^{(2)}$$
(1)

Здесь Q и R – коэффициенты, зависящие от пористости среды, и модуля сжимаемости жидкости; μ – модуль сдвига; ρ_{11} , ρ_{12} – истинные плотности упругой фазы и жидкости. Они определяются по формулам $\rho_{11} = \rho_1 - \rho_{12}$, $\rho_{22} = \rho_2 - \rho_{12}$, где ρ_{12} – интенсивность перехода массы из второй фазы в первую в единице объема смеси и в единицу времени ($\rho_{12} < 0$). Из закона сохранения массы при различных физико-химических превращениях имеем [3] $\rho_{12} = -\rho_{21}$.

Запишем систему (1) в безразмерной форме

$$\sigma_{II}u_{,xx}^{(I)} + \sigma_{I2}u_{,xx}^{(2)} = \frac{1}{G^{2}} \left(\gamma_{II}\ddot{u}^{(I)} + \gamma_{I2}\ddot{u}^{(2)} \right)$$

$$\sigma_{I2}u_{,xx}^{(I)} + \sigma_{22}u_{,xx}^{(2)} = \frac{1}{G^{2}} \left(\gamma_{I2}\ddot{u}^{(I)} + \gamma_{22}\ddot{u}^{(2)} \right)$$

$$\frac{R}{H}, \ \gamma_{II} = \frac{\rho_{II}}{\rho}, \ \gamma_{I2} = \frac{\rho_{I2}}{\rho}, \ \gamma_{22} = \frac{\rho_{22}}{\rho}$$
(2)

где
$$\sigma_{II} = \frac{\mu}{H}$$
, $\sigma_{I2} = \frac{Q}{H}$, $\sigma_{22} = \frac{R}{H}$, $\gamma_{II} = \frac{\rho_{II}}{\rho}$, $\gamma_{I2} = \frac{\rho_{I2}}{\rho}$, $\gamma_{22} = \frac{\rho_{22}}{\rho}$

$$H = \mu + R + 2Q$$
, $\rho = \rho_{11} + \rho_{22} + 2\rho_{12}$, $G^2 = \frac{H}{\rho}$

При этом должны выполняться условия

$$\mu + R + 2Q = \rho_{11} + \rho_{22} + 2\rho_{12} = I$$

Решения системы (2) будем искать в виде затухающих волн

$$u^{(1)} = A \cdot exp(i\omega t - \theta x), \ u^{(2)} = B \cdot exp(i\omega t - \theta x), \ \theta = \alpha + i\beta$$
 (3)

где A, B — амплитуды волн в фазах; α — коэффициент затухания волны; $\beta = \frac{\omega}{c}$ фазовая постоянная, ω — круговая частота; c — скорость волны.

Подставим (3) в (2), получим систему уравнений относительно A и B

$$(\gamma_{II}\omega^2 + \tilde{\sigma}_{II}G^2\theta^2) \cdot A + (\gamma_{I2}\omega^2 + \tilde{\sigma}_{I2}G^2\theta^2) \cdot B = 0$$

$$(\gamma_{I2}\omega^2 + \tilde{\sigma}_{I2}G^2\theta^2) \cdot A + (\gamma_{22}\omega^2 + \tilde{\sigma}_{22}G^2\theta^2) \cdot B = 0$$
(4)

Здесь $\tilde{\sigma}_{II}$ – упругий оператор, а $\tilde{\sigma}_{I2}$ и $\tilde{\sigma}_{22}$ – операторы коэффициентов Q и R.

Для того чтобы однородная система (4) имела нетривиальное решение, необходимо и достаточно, чтобы ее определитель был равен нулю.

Раскрывая определитель системы (4), получим биквадратное уравнение относительно $\theta = \alpha + i\beta$

$$(\gamma_{11}\gamma_{22} - \gamma_{12}^2) \cdot \omega^4 + (\gamma_{11}\tilde{\sigma}_{22} + \gamma_{22}\tilde{\sigma}_{11} - 2\gamma_{12}\tilde{\sigma}_{12})G^2\omega^2 \cdot (\alpha + i\beta)^2 + (\tilde{\sigma}_{11}\tilde{\sigma}_{22} - \tilde{\sigma}_{12}^2)G^4(\alpha + i\beta)^4 = 0$$

$$(5)$$

При помощи уравнения (5) определим скорость волны c>0, коэффициент поглощения $\alpha>0$ и логарифмический декремент δ , дающий затухание волны в упругой, насыщенной жидкостью пористой среде.

В данном случае операторы $\tilde{\sigma}_{12}$ и $\tilde{\sigma}_{22}$ равны коэффициентам σ_{12} и σ_{22} , а упругий оператор $\sigma_{11}(\omega)$ в пространстве Фурье выразим через ядро последействия Абеля интегродифференциальных соотношений Больцмана-Вольтерра [9]

$$\frac{1}{\sigma_{II}(\omega)} = J_{\infty} \left[1 + v_{\mu} \frac{1}{(i\omega\tau)^{\gamma}} \right], \ v_{\mu} = \frac{J_0 - J_{\infty}}{J_{\infty}}, \ 0 < \gamma \le 1$$
 (6)

где J_{∞} – нерелаксированное значение податливости;

 J_0 – релаксированное значение податливости; γ – параметр дробности, учитывающий структурные изменения, связанные с эксплуатацией материалов; τ – время ретардации.

Подставим значение $\sigma_{11}(\omega)$ в уравнение (5) и после преобразований, получим

$$(\gamma_{11}\gamma_{22} - \gamma_{12}^2)\omega^4 + (\Gamma_1 + i\Gamma_2)G^2\omega^2(\alpha + i\beta)^2 + (\delta_1 - i\delta_2)G^4(\alpha + i\beta)^4 = 0$$
 (7)

где

$$\Gamma_{1} = \gamma_{11}\sigma_{22} + \gamma_{22}d_{1} - 2\gamma_{12}\sigma_{12}, \quad \Gamma_{2} = \gamma_{22}d_{2}$$

$$\delta_{1} = d_{1}\sigma_{22} - \sigma_{12}^{2}, \quad \delta_{2} = d_{2}\sigma_{22}$$

$$d_{1} = \frac{n_{1}}{J_{\infty}(n_{1}^{2} + n_{2}^{2})}, \quad d_{2} = \frac{n_{2}}{J_{\infty}(n_{1}^{2} + n_{2}^{2})}$$

$$n_{1} = I + v_{\mu} \frac{\cos\frac{\pi\gamma}{2}}{(\omega\tau)^{\gamma}}, \quad n_{2} = v_{\mu} \frac{\sin\frac{\pi\gamma}{2}}{(\omega\tau)^{\gamma}}$$
(8)

Разделим (7) на $(\alpha + i\beta)^4$ и введем замену

$$z^* = \frac{1}{(\alpha + i\beta)^2} \tag{9}$$

где z^* – комплексное число.

Уравнение (7) с учетом (9) после преобразований принимает вид квадратного уравне-

$$k\omega^{4}z^{*2} + (\Gamma_{1} + i\Gamma_{2})G^{2}\omega^{2}z^{*} + (\delta_{1} - i\delta_{2})G^{4} = 0$$

$$k = \gamma_{11}\gamma_{22} - \gamma_{12}^{2}$$
(10)

Решение уравнения (10) запишем таким образом

$$z^* = -\frac{G^2}{2k\omega^2} \left(b_1^2 + ib_2^2 \right)$$

$$b_1 = \Gamma_1 \pm \sqrt{r} \cos \frac{\varphi_1}{2} , b_2 = \Gamma_2 \pm \sqrt{r} \sin \frac{\varphi_1}{2} , r = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}$$

$$\alpha_1 = \Gamma_1^2 - \Gamma_2^2 - 4k\delta_1 ,$$

$$\alpha_2 = 2\left(\Gamma_1 \Gamma_2 - 2k\delta_2\right), \varphi_1 = arctg \frac{\alpha_2}{\alpha_1}, 0 \le \varphi_1 \le \frac{\pi}{2}$$

$$(11)$$

С учетом (9) в соотношении (11) разделим мнимую и действительную части относительно $\alpha^2 - \beta^2$ и $\alpha\beta$, получим систему уравнений:

$$\alpha^{2} - \beta^{2} = -\frac{2k\omega^{2}b_{1}}{G^{2}(b_{1}^{2} + b_{2}^{2})},$$

$$\alpha\beta = \frac{k\omega^{2}b_{2}}{G^{2}(b_{1}^{2} + b_{2}^{2})}$$
(12)

Из системы (12) найдем коэффициент затухания
$$\alpha$$
 волны и фазовую постоянную β
$$\alpha = \sqrt{\frac{k\omega^2}{G^2} \cdot \frac{b_2^2}{\left(b_l^2 + b_2^2\right) \cdot \left(b_l + \sqrt{b_l^2 + b_2^2}\right)}}, \qquad \beta = \sqrt{\frac{k\omega^2}{G^2} \cdot \frac{\left(b_l + \sqrt{b_l^2 + b_2^2}\right)}{b_l^2 + b_2^2}}$$
 (13)

Из формулы $\beta = \frac{\omega}{c}$ получим выражение для скорости волны

$$c = \sqrt{\frac{(b_1^2 + b_2^2)G^2}{k(b_1 + \sqrt{b_1^2 + b_2^2})}}$$
(14)

Так как в формуле (11) b_1 и b_2 имеют знак « \pm », то в упругой, насыщенной жидкостью пористой среде существует две звуковые волны.

Тангенс угла механических потерь определим из формулы

$$tg\varphi = \frac{b_2}{b_1} \tag{15}$$

Для упрощения записи формул (13) и (14) введем величину ε_{l} следующим образом

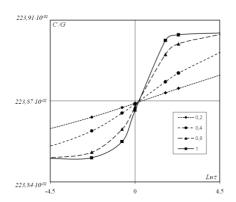
$$\varepsilon_I = \sqrt{I + \left(\frac{b_2}{b_I}\right)^2} \tag{16}$$

Тогда коэффициент затухания и скорость волны запишем в виде

$$\alpha = \sqrt{\frac{k\omega^2(\varepsilon_l - 1)}{G^2 b_l \varepsilon_l^2}}, \quad c = \sqrt{\frac{G^2 b_l \varepsilon_l^2}{k(\varepsilon_l - 1)}}$$
(17)

На рис. 1-3 показаны зависимости скорости распространения звуковой волны, коэффициента затухания и тангенса угла сдвига фаз от логарифма температуры при следующих фиксированных значения: $J_{\infty}=1$, $v_{\mu}=1$, $\omega=1$, $\sigma_{12}=0.05$, $\sigma_{22}=0.25$, $\gamma_{11}=0.95$, $\gamma_{12}=0$, $\gamma_{22}=0.05$. Значения γ указаны на рисунках.

На рис.1 показана зависимость скорости волны от логарифма температуры, так как ют зависит не только от частоты ω , но и от температуры T, которая связана с τ формулой $\tau=\tau_0\exp(u/kT)$ (закон Аррениуса). Из рисунка следует, что графики функции $\frac{C}{G}=\ln \tau$ при $\tau\to-\infty$ приближаются к нулю, а при $\tau\to+\infty$ медленно возрастают и достигают максимального значения. Влияние параметра γ проявляется в том, что при уменьшении параметра кривые на графике становятся более пологими.



 $\begin{array}{c} 0.2 &$

Рис. 1. Зависимость скорости распространения от температуры

Рис. 2. Зависимость коэффициента затухания от температуры

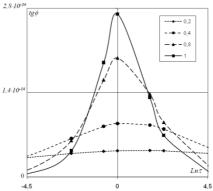


Рис. 3. Зависимость тангенса угла от температуры

На рис. 2 приведены графики зависимости коэффициента затухания от логарифма температуры. Наблюдается нарушение температурной зависимости. При $\tau \to \pm \infty$ кривые приближаются к нулю и при $\tau=1$ достигают своего максимального значения. Параметр γ существенно влияет на форму кривых. При увеличении параметра кривые становятся пикообразнее и лишь на небольшом участке поднимаются над осью абсцисс. С уменьшением параметра γ кривые медленно приближаются к оси абсцисс и пики графиков исчезают. Коэффициент затухания становится более равномерным.

На рис.3 приведена зависимость тангенса угла сдвига фаз от логарифма температуры. Форма графиков и влияние параметра γ на форму и расположение кривых аналогична рис. 2.

Библиографический список

- 1. Био М.А. Теория упругости и усиление пористого анизотропного материала. Прикладная физика, 1955, т. 26, № 2, 182-185 с.
- 2. Био М.А. Теория распространения упругих волн в насыщенных жидкостью пористых материалах. Диапазон низких частот. Акуст. сообщ. Америки, 1956, т. 28, № 2, 168-178 с.
 - 3. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. М., Наука, 1978, 336 с.
- 4. Косачевский Л.Я. О распространении упругих волн в двухкомпонентных средах. ПММ, 1959, т. 23, вып. 6, 1115-1123 с.
- 5. Масликова Т.И., Поленов В.С. О распространении нестационарных упругих волн в однородных пористых средах. Изд. РАН. МТТ, 2005, № 1, 104-108 с.
- 6. Поленов В.С. Нестационарные упругие волны в насыщенной жидкостью пористой среде. Теоретическая и прикладная механика. Меж.н.-тех. сб., 2012, вып.27, Минск, 84-90 с.
- 7. Мешков С.И. О распространении звуковых волн в наследственно упругой среде. ПМТФ, 1968, N 5, 89-93 с.
 - 8. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. М., Металлургия, 1974, 351 с.
- 9. Работнов Ю.Н. Равновесие упругой среды с последействием. ПММ, 1948, т. 12, вып.1, 53-62 с.

- 1. Biot M.A. Theory of elasticity and consolidation for a porous anisotropic solid. J. of Applied Physics. 1955, v.26, N₂ 2, 182-185 sec.
- 2. Biot M.A. Theory propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid I. Low-Frequency Range. J. Acoust. Soc. America. 1956, v.28, № 2, 168-178 sec.
- 3. Nigmatulin R.I. Fundament of mechanician heterogeneous surroundings. Moscow, «Nauka», 1978, 336 sec.
- 4. Kocahevskij L.Ia. Propagation of elastic waves in two-component medium. PMM, 1959, v.23, release 6, 1115-1123 sec.
- 5. Maslikova T.I., Polenov V.C. Propagation of transitionals elastic waves in homogeneous porous medium. Press RAN. MTT, 2005, № 1, 104-108 sec.
- 6. Polenov V.C. The transitionals elastic waves in a fluid-saturated porous medium. Theoretical and applied mechanics. International scientific and technical collection, 2012, release 27, Minsk, 84-90 sec.
- 7. Meshkov S.I. Propagation of sound waves in hereditarity elastic medium. PMTF, 1968, №5, 89-93 sec.
 - 8. Postnikov V.C. The internal friction into metal. Moscow, «Metallurgy», 1974, 351 sec.
- 9. Rabotnov Y.N. Balance of elastic medium with aftereffect. PMM, 1948, v.12, release 1, 53-62 sec.

УДК 644.1

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой отопления и вентиляции И.И. Полосин Магистрант С.Н. Леонтьев Магистрант С.В. Бунин Россия, г.Воронеж, тел. +7(4732)71-28-92;

e-mail: kafedraov@mail.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering D.Sc. in Engineering, Prof. of heating and ventilation Department I.I. Polosin Undergraduate S.N. Leontyev Undergraduate S.V. Bunin

Russia, Voronezh, ph. +7(4732) 71-28-92

e-mail: <u>kafedraov@mail.ru</u>

И.И. Полосин, С.Н. Леонтьев, С.В. Бунин

СПЕКТРЫ СКОРОСТЕЙ В ТУРБУЛЕНТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ПОТОКАХ

Существующий инженерный метод расчета свободных турбулентных вентиляционных потоков, основанный на осредненных характеристиках турбулентного потока, сводится к определению параметров воздуха, выпускаемого из воздухораспределителя с целью обеспечения заданных параметров микроклимата. В статье рассматриваются теоретические построения осредненных характеристик свободных турбулентных вентиляционных потоков с энергетических позиций.

Ключевые слова: скорость, амплитуда, поток, турбулентность, воздухораспределитель, частота, вентиляция, энергия, спектр.

I.I.Polosin, S.N.Leontyev, S.V.Bunin

RANGES OF SPEEDS IN TURBULENT VENTILATING STREAMS

The existent engineering method of calculation of free turbulent vent streams, based on descriptions of turbulent stream, is taken to determination of parameters of air, produced from distributor of air with the purpose of providing of the preset parameters of microclimate. In the article the theoretical constructions of descriptions of free turbulent vent streams are examined from power positions.

Keywords: speed, amplitude, stream, turbulence, distributor of air, frequency, ventilation, energy, spectrum.

Введение

Существующий инженерный метод расчета свободных турбулентных вентиляционных потоков, основанный на осредненных характеристиках турбулентного потока, сводится к определению скорости и температуры воздуха, выпускаемого из воздухораспределителя с целью обеспечения заданных значений подвижности, избыточной температуры и чистоты воздуха рабочей зоны. К сожалению, упомянутый метод не позволяет получать информацию о микроструктуре турбулентности свободного вентиляционного потока. Между тем ряд проблем, связанных со свободной турбулентностью – диффузия, влияние вязкости вблизи ограждающих конструкций на которые настилается вентиляционный поток – не могут быть разрешены только на основании осредненных характеристик. К перечисленным проблемам сле-

дует отнести и проблему управления свободным вентиляционным потоком, поскольку представление о турбулентном течении заключается в суперпозиции двух движений – осредненного и пульсационного. Следовательно, теоретические построения осредненных характеристик невозможны без изучения микроструктуры турбулентности.

Установлено [1], что свободный турбулентный вентиляционный поток характеризуется не только амплитудой отклонения пульсационной скорости от среднего значения, но и частотой этих отклонений, что позволяет утверждать:

- поток обладает наинизшим, наивероятнейшим значением частоты ω_0 , с⁻¹, и, поскольку волновое число κ отношение частоты к средней скорости течения, то и наинизшим значением $\kappa_0 = \omega_0 / W_0$;
- так как энергия передается из области малых волновых чисел в область больших волновых чисел, то процесс распространения свободного вентиляционного потока, с позиций [1], обусловлен процессом случайных столкновений частиц потока и среды, окружающую этот поток, тем более, что в помещениях, как правило, рассматривается процесс перемешивания. Такой процесс, приводящий к диссипации энергии, протекает лишь в одном направлении, сопровождающимся увеличением энтропии, т.е. ростом беспорядка.

С целью иллюстрации изложенного выше рассматривается выборка из пяти членов для затопленного потока истекающего из насадков с осевой симметрией размерами $2R_0=20,\,40$ и 80 см и начальной скоростью истечения 500 см·с⁻¹(табл.).

Таблица Выборка для затопленного потока истекающего из насадков с осевой симметрией

$R_{\!\scriptscriptstyle O}$, см	Число Рей- нольдса Re_0	Наинизшая частота ω_0 , ${ m c}^{-1}$	Начальная дли- на волны z_0 , см	Начальное значение волнового числа κ_0 , см ⁻¹
10	6,7	60	26,2	0,12
15	1	40	39,3	0,08
20	1,3	30	52,3	0,06
25	1,7	24	65,4	0,048
40	2,7	15	104,7	0,03

Представленная выборка корректна в отношении теории Кирхгофа о распространении неплоских волн в цилиндрических трубах, поперечные размеры которых малы по сравнению с длиной волны.

Располагая информацией о значениях наинизшей частоты, следуя [2], представляется возможным в качестве оценки описать переход энергии осредненного движения по пульсациям низких частот и от них – к более высоким частотам, пока последние не достигнут предела, обусловленного вязкостью воздуха. Другими словами, в полном соответствии со спектральной теорией А.Н. Колмогорова [3] следует вести речь о присутствии в свободном вентиляционном потоке низких частот, соответствующих вихрям крупных размеров, и высоких частот, которым соответствуют вихри мелких размеров. Следовательно, в рассматриваемом потоке всегда существуют крупно- и мелкомасштабные турбулентности.

На рис. 1. в соответствии с [2], из таблицы выполнено построение частотного спектра для вентиляционного потока при разных числах Рейнольдса. Выше было показано, что волновое число $\kappa = \omega/W$, а передача энергии осуществляется от малых значений κ (ось потока к большим (периферия потока); т.к. волновое число связано с длиной волны z соотношением

 $z = 2\pi / \kappa$, то падение значения z (с ростом κ) свидетельствует о росте диссипации энергии в направлении периферии потока (в рассматриваемом сечении).

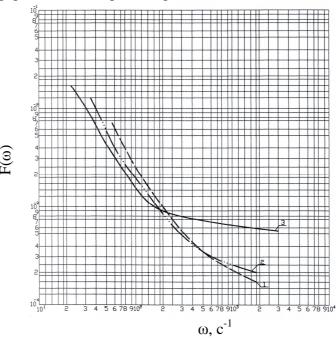


Рис. 1. Частотный спектр вентиляционных потоков (табл.): 1 - Re = 62000, 2 - Re = 130000, 3 - Re = 220000

Становится очевидным, что рис.1 иллюстрирует частотный спектр в приосевой области течения вниз по потоку. Здесь легко усмотреть (особенно для потока с $R_0 = 2,7 \cdot 10^5$) если скорость потока достаточно велика, то турбулентность сносится по потоку, не претерпевая изменений.

Более наглядное представление о распределении «каскада частот» по длине потока дает рис. 2, где начало отсчета частот вынесено за пределы ядра потока и расположено в основном участке течения потока.

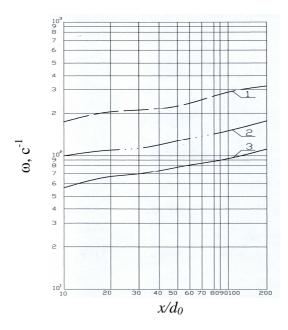


Рис. 2. Частота пульсаций в приосевой области свободных вентиляционных потоков: 1 - Re = 62000, 2 - Re = 130000, 3 - Re = 220000

Представленный рис. 2 описывает инерционные диссипативные интервалы в упомянутом типичном спектре.

Следовательно, речь идет о движении с естественным затуханием, которое в [4] для случая свободной турбулентности классифицируется, как диссипирующая волна.

Как показано в [5], характерное время затухания τ_o убывает с ростом волнового числа, т.е. короткие волны затухают быстрее, чем длинные.

Если вентиляционный поток развивается в среде, где существует некоторая мера диссипации энергии M, то при фиксированном значении K величина τ_0 убывает с ростом M, а волны заданной длины затухают в среде с большим значением M.

Иллюстрация длинноволновых возмущений для свободных потоков из табл. представлена на рис. 3.

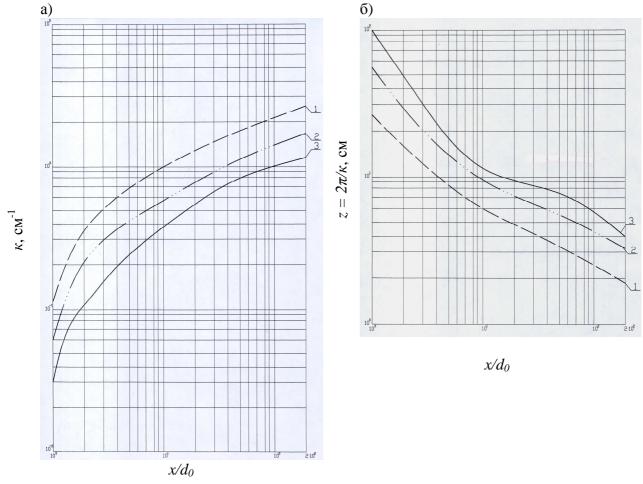


Рис. 3. Распределение волновых чисел $K = \omega/W$ и длин волн z по течению свободных вентиляционных потоков: а) волновое число, б) длина волны; 1 - Re = 62000, 2 - Re = 130000, 3 - Re = 220000

Наличие информации о распределении значений волновых чисел в различных сечениях потока (см. табл.) позволяет представить рис. 4 с целью описания очередных характеристик вентиляционных потоков: одномерный спектр по волновым числам:

$$\Phi(\kappa) = 0.5\varepsilon^{2/3}\kappa^{-5/3},\tag{1}$$

и энергетический спектр

$$E \sim \kappa^{-5/3}. \tag{2}$$

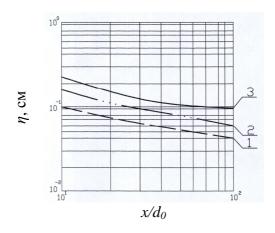


Рис.4. Распределение параметра Колмогорова η в свободных вентиляционных потоках:

1 -
$$Re = 62000$$
, 2 - $Re = 130000$, 3 - $Re = 220000$

Если в качестве оценки используется микромасштаб А.Н. Колмогорова

$$\eta = \left(V^3 / \varepsilon\right)^{1/4},\tag{3}$$

то, с учетом соотношений [3]

$$\omega \sim (\varepsilon/\nu)^{1/2},\tag{4}$$

можно характеризовать размеры вихрей в рассматриваемом потоке, в которых осуществляется диссипация энергии.

Дж. Тейлором для осредненного значения диссипации энергии предложена зависимость

$$\varepsilon = 7.5 \,\mu (\,\sigma/\eta\,)^2\,,\tag{5}$$

где μ - динамическая вязкость;

 σ - средняя квадратичная скорость.

Поскольку нас интересует лишь качественная оценка, то утверждение, что отношение средней квадратичной скорости к размеру вихря 3 суть некоторая угловая скорость вполне корректно. Но упомянутая угловая скорость, в свою очередь, связана с интенсивностью вихрей.

Становится понятным, что: $\varepsilon = \mu (rotW)^2$; $\varepsilon = 7.5 \mu (\sigma/\eta)^2$ и диссипация растет с уменьшением среднего размера вихря, а величина $7.5 \cdot (y/3)^2$ или $7.5 \cdot (\sigma/\eta)^2$ - тождественна со средним квадратом вихря.

Отметим, что η^{-1} есть значение волнового числа, вблизи которого диссипация энергии оказывается максимальной, а сам спектр круго спадает с ростом значения κ в результате вязкого вырождения малых вихрей.

Построение упомянутого спектра связано с рядом дополнительных вычислений. Наличие информации о распределении частоты пульсаций по длине свободного вентиляционного потока позволяет с помощью выражений (3) и (4) описать распределение параметра А.Н. Колмогорова η на относительных расстояниях x/d_0 (для основного участка потока) – рис. 4.

Следует учитывать, что мы вынуждены оперировать значениями волновых чисел по оси потока. Если обратиться к понятию средней квадратичной скорости, то периферийный распад потока начинается ранее упомянутых значений κ .

В любом случае, утверждение И.А. Шепелева [4] существования некоторого критического сечения, где толщина потока имеет максимальное значение, после которого начинается распад этого течения, подтверждается гипотезой Гейзенберга и спектральной теорией турбулентности.

Поскольку пульсация скорости — результат прохождения через некоторую точку возмущений или завихренной массы различного размера, то представляется возможным, с позиций гипотезы Гейзенберга, но в координатах $\Phi(\kappa) - \eta$, описать «интегральный» спектр пульсационной скорости \overline{W}'^2 в приосевой зоне течения потока на рис. 5.

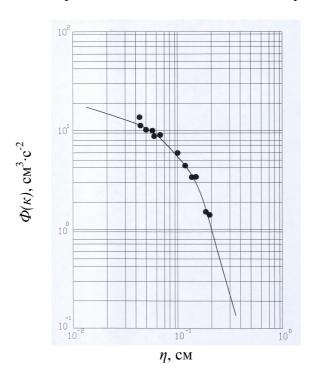


Рис. 5. Интегральный спектр пульсационной скорости $\overline{W_{\!x}}^{\ell}$ в свободных вентиляционных потоках

Располагая информацией о частоте пульсаций ω , значениях волнового числа κ , параметре А.Н. Колмогорова 3 и скорости диссипации энергии ε в данном сечении потока x/d_0 , всегда можно с целью оценки описать «локальный» спектр пульсационной скорости для условия $x/d_0 = v \cdot a \cdot r$.

Выводы

Таким образом, следует отметить, что при проектировании воздухораспределителей в системах вентиляции и кондиционирования воздуха отказ от оценки наинизшего наивероятнейшего значения частоты пульсаций ω_0 приводит к существенным ошибкам, т.к. определенная конструкция воздухораспределителя предназначена для обеспечения необходимых условий микроклимата помещения, где всегда существует мера диссипации μ , определение которой без использования основных положений спектральной теории турбулентности, не представляется возможным.

Предложенные зависимости позволяют впервые установить картину развития процесса перемешивания приточного вентиляционного потока в среде вентилируемого помещения, что делает возможным рассчитывать и организовывать воздухообмен в помещении с учетом диссипации энергии вентиляционных потоков.

Библиографический список

1. Пейн Г. Физика колебаний и волн / Г. Пейн. – М.: Мир, 1976. – 389 с.

- 2. Минский Е.Н. О пульсациях скоростей при вполне установившемся турбулентном потоке / Е.Н. Минский // ЖТФ. 1940. Т.10, вып. 19. С. 1574-1581.
- 3. Колмогоров А.Н. Локальная структура турбулентности в несжимаемой жидкости при очень больших числах Рейнольдса / А.Н. Колмогоров // Доклады АН СССР. 1941. Т. 30, вып. 4. C. 290-303
- 4. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении / И.А. Шепелев. М.: Стройиздат, 1978. 145 с.
- 5. Бахтногар П. Нелинейные волны в одномерных дисперсных системах / П. Бахтногар. М.: Мир, 1983.-136 с.

- 1. Peyn G. Physics vibrations and waves / G. Peyn. M.: Mir, 1976. 389 pp.
- 2. Minskiy E.N. About the pulsations of speeds at the fully set turbulent stream / E.N. Minskiy // ZHTF. 1940. V.10, N_2 19. P. 1574-1581.
- 3. Kolmogorov A.N. The Local structure of turbulence in an incompressible liquid at the very large numbers of Reynol'dsa / A.N. Kolmogorov // Lectures AN the USSR. 1941. V. 30, N_{2} 4. P.290-303.
- 4. Shepelev I.A. Aerodynamics of currents of air in an apartment / I.A. Shepelev. M.: Stroyizdat, 1978. 145 pp.
- 5. Bakhtnogar P. Nonlinear waves in the dispersion systems / P. Bakhtnogar. M.: Mir, 1983. 136 pp.