

ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

# СТУДЕНТ И НАУКА

Научный журнал

Выпуск № 1 (16), 2021

СТУДЕНТ И НАУКА  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**Журнал выходит 4 раза в год**

Журнал «Студент и наука» является мультидисциплинарным. В журнале публикуются результаты научных исследований молодых ученых, студентов, аспирантов и соискателей по следующим направлениям: архитектура и строительство, экономика и управление, технические науки, естественные и общественные науки.

**Редакционная коллегия**

Главный редактор – канд. техн. наук, доц. Драпалюк Н.А.;  
зам. гл. редактора – канд. техн. наук, доц. Хахулина Н.Б.

**Члены редколлегии:**

Ряжских В.И., д-р техн. наук, проф.,  
Небольсин В.А., д-р техн. наук, проф.,  
Бурковский А.В., канд. техн. наук, доц.,  
Пасмурнов С.М., канд. техн. наук, проф.,  
Красникова А.В., канд. экон. наук, доц.,  
Подоприхин М.Н., канд. техн. наук, доц.,  
Панфилов Д.В., канд. техн. наук, доц.,  
Колосов А.И., канд. техн. наук, доц.,  
Енин А.Е., канд. архитектуры, проф.,  
Еремин В.Г., канд. техн. наук, проф.,  
Баркалов С.А., д-р техн. наук, проф.,  
Склярков К.А., канд. техн. наук, доц.,  
Чумарный В.П., канд. техн. наук, доц.,  
Сергеева С.И., канд. техн. наук, доц.,  
Белоусов В.Е., канд. техн. наук, доц.,  
Жугаева Е.Н., канд. экон. наук, доц.,  
Капустин П.В., канд. архитектуры, проф.,  
Шевченко Л.В., канд. техн. наук, доц.,  
Сергеев М.Ю., канд. техн. наук, доц.,  
Серебрякова Е.А., канд. экон. наук, доц.

**Ответственный секретарь** – ассистент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
Дудкина Е.Ю.

**Учредитель и издатель:** ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», **адрес:** 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.

**Адрес редакции:** 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, тел.: (473) 271-28-92

E-mail: vgasu.gkh@gmail.com

12+

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО</b>	5
Ю.А. Левина, В.А. Кунченко, С.А. Десятникова, Ю.Ю. Юрьев ТЕХНОЛОГИИ «SMART CITY» ПРИ БЛАГОУСТРОЙСТВЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН Г. ВОРОНЕЖ НА ПРИМЕРЕ СКВЕРА НА УЛ. ДЕПУТАТСКОЙ	5
А.А. Котлярова, В.В. Кругляк ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА КРУПНЫХ ГОРОДОВ	11
<b>ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ</b>	16
А.Р. Фомина, О.В. Корницкая, Э.Ю. Околелова ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	16
А.С. Середина, О.В. Корницкая, Э.Ю. Околелова ГОСУДАРСТВЕННАЯ КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ РФ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	23
К.И. Шереметова, О.В. Корницкая, Э.Ю. Околелова СПЕЦИФИКА ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА	29
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	34
В.Ю. Моисеева, Р.А. Шепс, А.В. Шашин, О.Е. Фролова ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАТОРА В СИСТЕМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА	34
Тамбовцев Д.Е., Воротников Д.А., Киселёва О.А. ПРИМЕНЕНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ В МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЯХ С БЕСКОНТАКТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	40
Д.Д. Киселёва, Н.И. Гриненко, С.А. Винокуров УПРАВЛЕНИЕ ДИСКРЕТНЫМ ВРАЩАЮЩИМСЯ ПОЛЕМ БЕСКОНТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ПОЗИЦИОННО - СЛЕДЯЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	44
Д.Д. Киселёва, И.Г. Тузиков, С.А. Винокуров ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ НА НИЗКИХ СКОРОСТЯХ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С БЕСКОНТАКТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	48
М.С. Саввин, А.А. Животков, О.А. Киселёва ВЛИЯНИЕ УГЛА КОММУТАЦИИ В БЕСКОНТАКТНОМ ДВИГАТЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА РАБОЧЕЕ КРУГОВОЕ ВРАЩАЮЩЕЕСЯ ПОЛЕ	53
М.А. Драпалюк, Е.Ю. Дудкина, Д.А. Драпалюк АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПО КОНТРОЛЮ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОГНУТОЙ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ	57
Ю.С. Коровкина, Ю.А. Зубахина, Д.А. Драпалюк КОСВЕННОЕ АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОПЕРЕЧНЫМИ СЕТКАМИ	66

Ю.С. Коровкина, Е.Ю. Дудкина, Д.А. Драпалюк КОСВЕННОЕ АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СПИРАЛЬНОЙ ОБМОТКОЙ	74
Д.С. Саблин, Е.Ю. Дудкина, Н.А. Драпалюк ПРИМЕР РАСЧЕТА МИКРОКЛИМАТА МАГАЗИНОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	78
М.Г. Гончаров, М.С. Денисенко РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ АВИАЦИОННОГО БАЗИРОВАНИЯ: ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ	86
Ю.О. Щербатых, Б.А. Попов ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И РЕГИСТРАЦИИ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	93

## АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 372.8

Воронежский государственный технический университет  
студент группы МУГ-201 факультета инженерных систем и сооружений  
Левина Ю.А.  
Россия, г. Воронеж  
e-mail: [alex\\_levin\\_2017@mail.ru](mailto:alex_levin_2017@mail.ru)

Voronezh State Technical University  
Student of group mUG-201 faculty of engineering systems and constructions  
Levina Yu.A.  
Russia, Voronezh,  
e-mail: [alex\\_levin\\_2017@mail.ru](mailto:alex_levin_2017@mail.ru)

Воронежский государственный технический университет  
студент группы БГСХ-181 факультета инженерных систем и сооружений  
Кунченко В.А.  
Россия, г. Воронеж,  
e-mail: [kunchenko10@mail.ru](mailto:kunchenko10@mail.ru)

Voronezh State Technical University  
Student of group bGSH-181 faculty of engineering systems and constructions  
Kunchenko V.A.  
Russia, Voronezh,  
e-mail: [kunchenko10@mail.ru](mailto:kunchenko10@mail.ru)

Воронежский государственный технический университет  
студент группы МУГ-201 факультета инженерных систем и сооружений  
Десятникова С.А.  
Россия, г. Воронеж,  
e-mail: [desyatnikova\\_s@inbox.ru](mailto:desyatnikova_s@inbox.ru)

Voronezh State Technical University  
Student of group mUG-201 faculty of engineering systems and constructions  
Desyatnikova S.A.  
Russia, Voronezh,  
e-mail: [desyatnikova\\_s@inbox.ru](mailto:desyatnikova_s@inbox.ru)

Воронежский государственный технический университет  
студент группы МУГ-201 факультета инженерных систем и сооружений  
Юрьев Ю.Ю.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-52-49  
e-mail: [pestic077@gmail.com](mailto:pestic077@gmail.com)

Voronezh State Technical University  
Student of group mUG-201 faculty of engineering systems and constructions  
Yuryev Yu.Yu.  
Russia, Voronezh,  
tel.: +7(473)271-52-49  
e-mail: [pestic077@gmail.com](mailto:pestic077@gmail.com)

Ю.А. Левина, В.А. Кунченко, С.А. Десятникова, Ю.Ю. Юрьев

### ТЕХНОЛОГИИ «SMART CITY» ПРИ БЛАГОУСТРОЙСТВЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН Г. ВОРОНЕЖ НА ПРИМЕРЕ СКВЕРА НА УЛ. ДЕПУТАТСКОЙ

Аннотация. В статье рассматривается понятие «умного города» как необходимого условия следованию тенденциям современного мира. Проведен анализ текущего состояния территории сквера на ул. Депутатской в г. Воронеж. Предложены мероприятия по формированию комфортной среды на рассматриваемой территории. Приводится описание схемы функционального зонирования территории сквера и основных решений при внедрении технологий «smart city» на рекреационной территории.

Ключевые слова: умный город, smart технологии, городское пространство, зоны рекреации.

Yu.A. Levina, V.A. Kunchenko, S.A. Desyatnikova, Yu.Yu. Yuryev

### STECHNOLOGIES "SMART CITY" IN THE IMPROVEMENT OF RECREATION ZONES IN VORONEZH ON THE EXAMPLE OF A PARK ON STR. DEPUTY

Annotation. The article examines the concept of "smart city" as a necessary condition for following the trends of the modern world. The analysis of the current state of the square on the street. Deputy in Voronezh. Measures for the formation of a comfortable environment in the area under consideration are proposed. The description of the functional zoning scheme of the park territory and the main solutions for the implementation of smart city technologies in the recreational area is given.

Key words: smart city, smart technologies, urban space, recreation areas.

Актуальность темы.

Традиционные формы управления городскими территориями, включая их коммунальное обслуживание и эксплуатацию, на данный момент времени практически себя исчерпали. Все процессы, происходящие в городской системе управления, не удовлетворяют современным требованиям к логистике, безопасности и экологии [1]. Тенденцией развития городских пространств, а также решением комплекса проблем управления городами в мире становится реализация концепции «smart city». Необходимым действием по созданию «умного города» является внедрение новых аспектов в городскую среду, ее инфраструктуру и городские службы.

Данная концепция подразумевает собой городскую систему, которая отвечает следующим требованиям: безопасная и комфортная среда, все процессы внутри города экологичны и экономичны, применение инновационных технологий [2-4]. Для создания бесперебойной работы системы необходимо каждый городской элемент организовать так, чтобы он отвечал всем существующим требованиям и мог эксплуатироваться без дополнительных воздействий человека. После чего каждый компонент заносится в электронную карту, наделяется определенными параметрами и функциями для удобства граждан с возможностью обратной связи.

Наряду с общей тенденцией по внедрению инновационных разработок в объекты городских пространств предлагается применить подобный подход при разработке проектов благоустройства территорий рекреационных зон г. Воронеж [5]. Инфраструктура г. Воронеж постоянно развивается в связи с ростом населения и увеличения территории городского округа. Появляются элементы «умной» городской среды – умные светофоры, остановки, приложения для обратной связи с населением по различным вопросам содержания территорий, благоустройства, эксплуатации площадок ТКО и др.

Многие рекреационные зоны г. Воронежа требуют анализа и новых предложений по созданию актуального и востребованного современным обществом многофункционального объекта благоустройства [6-10]. Для внедрения инновационных разработок в объекты городских пространств предлагается рассмотреть Депутатский сквер в г. Воронеж. Данный участок является перспективным по внедрению технологий smart city по ряду причин: сквер активно посещается городскими жителями, удачное расположение в районе, имеет свою уникальность, обусловленной исторически-сложившейся застройкой. Стоит отметить, что рекреацию можно расширить, путем присоединения территории сквера Ворошилова

Сквер площадью 25 030 кв. м располагается в пределах улиц: Ворошилова, Моисеева, Карла-Либкнехта. Территория сквера, выходящая на главную магистраль Ворошилова, зажата инфраструктурой (рис. 1), структура пешеходных дорожек развита (рис. 2), но недостаточно благоустроена. Сквер имеет систему озеленения, обновленную в 2011 г. Отмечено отсутствие на рассматриваемой территории малых архитектурных форм, системы мусорных контейнеров, фотозоны, площадки для выгула собак.

Анализ прилегающей к скверу застройки показал, что при формировании единого эстетически привлекательного облика всего микрорайона требуется решить следующие задачи:

- проработка функционального зонирования территории
- организация актуальной планировочной структуры сквера;
- перераспределение транспортных потоков;
- благоустройство территории, организация пешеходной зоны и мест притяжения различных групп населения;
- разнообразие функциональной насыщенности городского пространства;
- пересмотр системы управления эксплуатацией и поддержания территории с учетом технологий smart city;
- пересмотр и обновление сложившейся социально-культурной инфраструктуры территории.

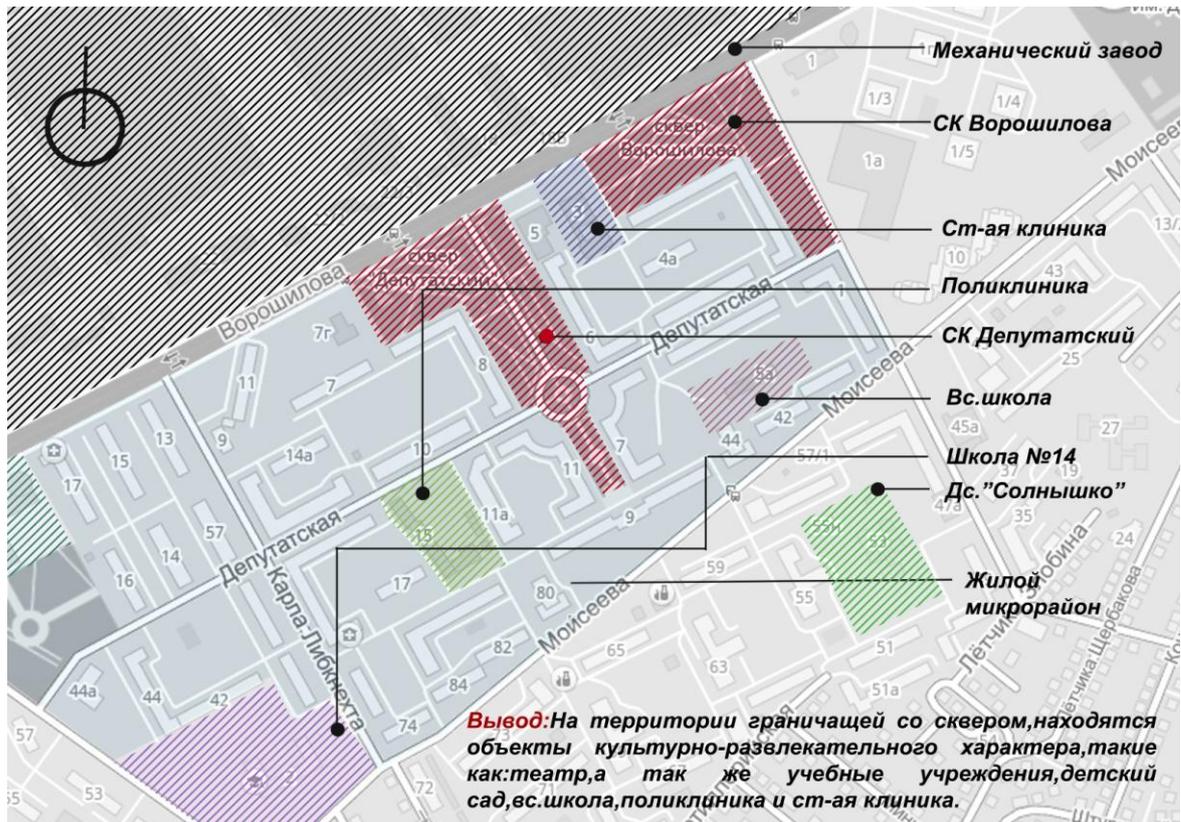


Рис. 1. Инфраструктура, прилегающая к скверу «Депутатский»

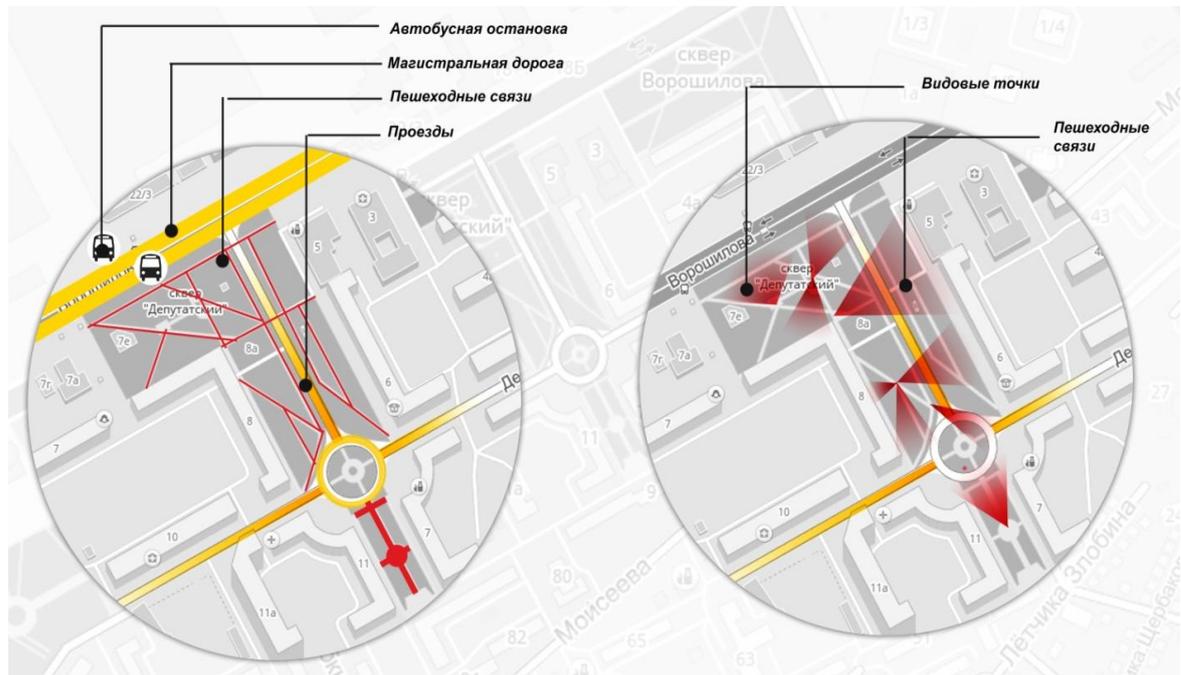


Рис. 2. Транспортно-пешеходная структура «Депутатского сквера»

На данном участке располагаются дома в стиле сталинский ампи́р. Будет интересным создать такую среду, где сочетаются современные технологии и элементы архитектуры 1920-1930 годов. Учитывая местоположение проектируемой территории, а также анализ текущего состояния рекреационной зоны, был сформирован ряд элементов, которые создадут «smart» среду, не нарушая специфику территории

С учетом проведенного анализа была проработана схема функционального зонирования территории сквера по ул. Депутатской (рис. 3).

Опираясь на успешный отечественный опыт соединения «smart» технологий и природных объектов, использованный в парке Зарядье в г. Москва, предложены следующие решения:

Дополнительное освещение в городском пространстве - неотъемлемый аспект. Наличие солнечных батарей в таком парке, позволит не только решить проблему освещенности, а также обеспечит необходимой энергией техническую зону парка.

1. Интеллектуальная система полива, предназначенная для полноценного ухода за растениями методом дождевания [11].



Рис. 3. Схема функционального зонирования «Депутатского сквера»: Зона аллеи, 2-Спортивная зона, 3-Зона детской площадки, 4-Зона тихого отдыха, 5-Сквер Ворошилова, 6-Многофункциональное пространство.

2. Видеонаблюдение и фотофиксация, что позволит фиксировать отклонения или сбои в работе инженерных систем сквера, обеспечит контроль за противоправными действиями третьих лиц, а также позволит вовремя устранять проблемы природного или стихийного характера.

3. Создание высокотехнологичных спортивных, медийных и иных комплексов, зон отдыха с бесплатным интернетом.

4. Автоматизированные МАФы, как дополнительный дизайнерский источник освещения. Подсветка несет в большей степени эстетическую функцию, включается и выключается по датчикам движения.

5. Уличные инфомационные экраны, которые информируют жителей не только, о выгодных предложениях, а также об изменениях погоды, в случае резких перемен, заблаговременно предупреждают о наличии опасности, а также безопасных способах решения.

6. Система раздельного сбора отходов для их переработки.

7. Сервис по предоставлению услуг каршеринга для перемещения по территории сквера или за его пределы на велосипеде или самокате.

8. Все функции «умной» среды смогут поддерживаться и синхронизироваться с помощью мобильного приложения. Это поможет осуществлять простые операции по оплате услуг, предоставлению бесплатного интернета, управлению МАФами. Карта автомобильных пробок также может активно использоваться посетителями парка

Маломобильные группы населения также нуждаются в «зелёном» пространстве, которое удовлетворит запросы людей и сделает нахождение в таком месте благоприятным и безопасным. Поэтому будут предусмотрены все аспекты, которые обеспечат комфортное нахождение инвалидов разной категории.

Предложенное многофункциональное решение сквера на ул. Депутатской позволит эффективно использовать пространство различными возрастными группами населения. С развитием smart технологий появляется возможность по-новому использовать объекты благоустройства, управлять ими и создавать городские зоны, адаптивные к новым реалиям жизни.

Создание «smart city», через внедрение локальных зон, на примере умного сквера должно осуществляться планомерно и поэтапно. В условиях современной градостроительной застройки такие зоны отдыха будут центрами притяжения людей.

#### Библиографический список

1. Ружицкий Д.М. Концепция "Умных" городов/ Д.М. Ружицкий, Н.Р. Степанова// В сборнике: Весенние дни науки ВШЭМ. Сборник докладов Международной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых. -2018. -с. 356-360.
2. Смольянинов, В. В. Концептуальные основы пространственного развития Воронежской городской агломерации / В. В. Смольянинов, Э. В. Сазонов, А. О. Гундарева // Градостроительство. – 2014. – № 5(33). – с. 65-72.
3. Воробьева Ю.А. Градостроительная концепция создания инновационного центра в Воронежской области с учетом принципов "Умного города"/ Ю.А. Воробьева, Т.В. Щукина, Ю.И. Кармазин, А.М. Ходунов// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. -2019.-№ 8. - с. 49-56.
4. Vorob'eva Y.A. Concept of Innovation Center in Voronezh Region, Taking Into Account Principles Of "Smart Region // Y.A. Vorob'eva, E.E. Burak, O.V. Kuripta В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. 2019. С. 055013.
5. Шутка А.В. Градостроительная оптимизация структуры рекреационных территорий на примере сквера на ул. Депутатской г. Воронежа/ А.В. Шутка, Е.И. Гурьева //Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета.-2020.-22(1).- с. 31-43 <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2020-22-1-31-43>
6. Бурак Е.Э Комплексный подход к благоустройству общественных пространств / Бурак Е.Э Воробьева Ю.А., Жукова А.С.// В сборнике: Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы материалы VI Международной научно-практической конференции. –2019. – с. 168-172.
7. Бурак, Е. Э. Проблемы благоустройства районов города Воронежа // «Концептуальные вопросы современного градостроительства»: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции / отв. ред. И. С. Суровцев. – Воронеж. гос. арх. – строит. ун-т. – Воронеж, –2007. – с. 160-162.
8. Maslikhova L.I. Analysis and Comparison of Technologies of Survey of Buildings and Structures for The Purpose Of Obtaining A 3D model / L.I. Maslikhova, N.B.Nahulina, N.I.Sambulov, S.V.Akimova // В сборнике: Iop Conference Series: Materials Science And Engineering. International science and technology conference "FarEastCon-2019". 2020. С. 032061.
9. Кириллова А.Н. Стратегия развития и функционирования жилищно-коммунального комплекса / А.Н. Кириллова, Н.И. Трухина // ФЭС: Финансы. Экономика.. 2015. № 7. С. 31-35.

10. Попова И.В. Оценка роли зеленых насаждений в формировании комфортных микроклиматических условий в летний период/ И.В. Попова, Е.Э. Бурак, Ю.А. Воробьева// Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки.- 2019.-№2. с. 47-55.

11. Курипта О.В. Концепция "Аллеи архитекторов" в городе Воронеже/ О.В. Курипта, В.В. Забара, А.Е. Кренева, Е.П. Клат// Творчество и современность. -2018.-№ 4(8). - с. 98-106.

УДК 711.1

Воронежский государственный технический университет  
студент группы мСПГ-191 факультета архитектуры и градостроительства

Котлярова А.А.  
Россия, г. Воронеж  
тел.: +7 962 3277225  
e-mail: anna5super@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

д-р с.-х. наук, проф.  
Кругляк В.В.  
Россия, г. Воронеж  
тел.: +7 919 2477125  
e-mail: kruglyak\_vl@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Student of the group mSPG-191 faculty of architecture and urban planning

Kotliarova A.A.  
Russia, Voronezh  
tel.: +7 962 3277225  
e-mail: anna5super@yandex.ru

Voronezh State Technical University  
Doctor of Agricultural Sciences, professor

Kruglyak V.V.  
Russia, Voronezh  
tel : +7 919 2477125  
e-mail: kruglyak\_vl@mail.ru

А.А. Котлярова, В.В. Кругляк

## ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА КРУПНЫХ ГОРОДОВ

Аннотация. Городская климатология является обязательным предметом изучения для архитектора и градостроителя, так как многие исследуемые этой дисциплиной процессы оказывают влияние на комфорт человека в городе, характер строительства объектов. Темой городской климатологии интересуется большое количество людей, проводятся международные конференции, обсуждения, печатаются журналы и публикации. В статье рассматриваются наиболее важные климатологические явления, оказывающие влияние на городскую застройку, на её микроклимат.

Ключевые слова: мезоклимат, микроклимат, город, температура, остров тепла, режим ветра, городская застройка, влажность.

A.A. Kotliarova, V.V. Kruglyak

## PECULIARITIES OF THE CLIMATE OF BIG CITIES

Introduction. Urban climatology is a compulsory subject of study for an architect and urban planner, since many processes studied by this discipline affect human comfort in the city, the nature of the construction of objects. A large number of people are interested in the topic of urban climatology, international conferences, discussions are held, journals and publications are printed. The article discusses the most important climatological phenomena affecting urban development and its microclimate.

Keywords: mesoclimate, microclimate, city, temperature, heat island, wind regime, urban development, humidity.

В 19 веке люди стали обращать внимание на то, что климатические условия города значительно отличаются от пригородных, таким образом началось изучение специфических климатических явлений происходящих в городе. Со временем значение городов всё больше возрастает, в современном мире большее количество людей переселяется в города. Прогнозируется, что в скором времени две трети населения Земли будет проживать в городах.

Мезо- и микроклимат

Мезоклимат – это климат небольшой территории с едиными климатическими данными, например это местный климат одного микрорайона города, берега реки, подножья горы.

Между макроклиматом и микроклиматом по масштабу распространения он занимает промежуточное положение. Формирование мезоклимата происходит из-за особенностей земной поверхности данной территории (это характер почвы, застройка, растительность и т.п.).

Эти особенности влияют на слои воздуха до 500—1000 м и более. Обычно из

многолетних наблюдений метеорологических станций и статистических данных данного района и характеризуется мезоклимат.

Климат приземного слоя воздуха какого-то не очень большого пространства (к примеру: возвышенность или овраг) является микроклиматом. Микроклимат не вызывает существенного изменения погоды, который обычно типичен для данной территории, но происходит возникновение местных особенностей климата, проявляющихся на небольших пространствах.

Микро и мезорельеф местности (неровности рельефа от нескольких сантиметров до нескольких метров) значительно сказываются на формировании микроклимата, а на распределение тепла влияет расположение склонов. Чем более неровный рельеф, тем более неравномерно будут распределяться осадки. Поскольку воздух обтекает препятствия, поэтому на наветренной стороне и по сторонам холма скорость ветра увеличивается, а на подветренной стороне ветер стихает.

Растительность и травяной покров создают трудности теплообмена в приземном слое. Травяной покров задерживает солнечную радиацию, а растительность не пропускает с поверхности тепловое излучение. На двух одинаковых участках одного, покрытого растительностью, другого со свободной водной поверхностью будет разное испарение. Испарение с общей площади листьев будет больше, поэтому влажность воздуха среди растений повышенная.

По сравнению с сельской местностью в городе, особенно в центральной части наблюдаются изменения температуры воздуха. Это явление называют «остров тепла» над городом. В зависимости от городских условий, местного климата, метеорологических особенностей масштабность и интенсивность острова тепла меняются (рис. 1).

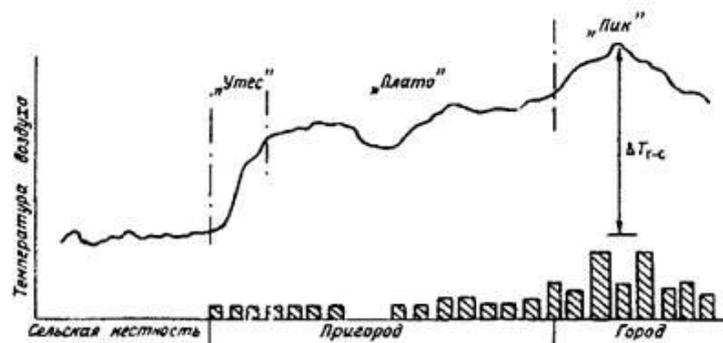


Рис. 1. Обобщенное сечение характерного острова тепла над городом [7]

Разберем «фазы» острова тепла. Во-первых, «плато» - располагается над большей частью территории города, это масса теплого воздуха, которая немного повышается к центру города. Если «плато» проходит над озелененной территорией или водным пространством (озеро, река и т.п.), то температура немного понижается. Если «плато» проходит над плотно застроенной территорией или промышленными зданиями, которые выделяют большое количество тепла, то соответственно температура воздуха повышается. «Пик» острова тепла – располагается как правило в центре города и определяется максимальной температурой воздуха.

Температура острова тепла меняется в зависимости от климата, например летом в южных городах температура воздуха днем наоборот ниже чем за городом, а ночью в городе теплее.

#### Режим ветра в городе

Остров тепла, неоднородный характер застройки также влияют и на ветровой режим города. При низких скоростях ветра, около 1-3 м/с, в городе наблюдается циркуляция воздуха (рис. 2). Потoki воздуха у поверхности земли движутся к центру, к острову тепла. В верхнем слое атмосферы воздуха происходит, напротив отток воздушных масс на пригородные территории.

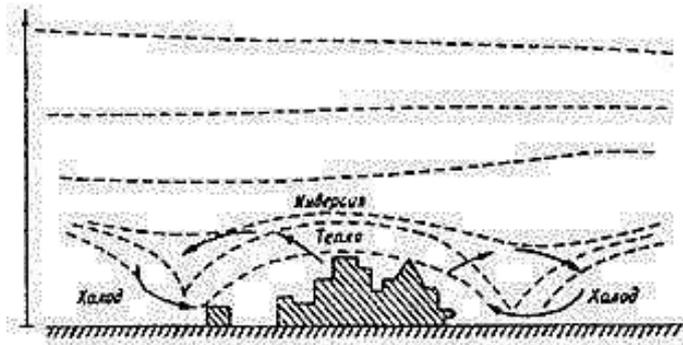


Рис. 2. Городская циркуляция, развивающаяся при слабых ветрах [7]

Для больших городов характерно снижение скорости ветра в отличие от загородной территории. Но в то же время, если длинная улица ограничена многоэтажной застройкой и ветер движется вдоль этой улицы, то происходит увеличение скорости ветра.

Ветер в городе подвергается динамическому и термодинамическому воздействию под влиянием от находящихся в городе зданий и сооружений. Для города составляется вертикальный профиль ветра и он значительно отличается от аналогичного профиля для ровной, незастроенной местности. На профиль «городского» ветра влияет характер застроенности территории, выстоянность, объемы зданий, расположение зданий относительно друг друга, тип благоустройства территории (рис. 3).



Рис. 3. Обобщенная схема вертикального профиля скорости ветра над центром города, его периферией и в пригороде [5]

Чаще всего в результате влияния городской застройки скорость ветра в городе снижается, наблюдается больше маловетренных или безветренных дней. А во дворах, образующихся замкнутой или полузамкнутой застройкой скорость ветра снижается на 70%, тоже самое наблюдается при высокоплотной городской застройке.

Режим ветра внутри застройки высокой плотности и над зданиями различается и зависит от расположения зданий относительно друг друга, от их высоты, от расстояния между ними (рис. 4). В городской климатологии даже выделено отдельное понятие «полог города» - это такая отметка высоты над зданием, на которой ветер потоком обтекает здания как единый объект.

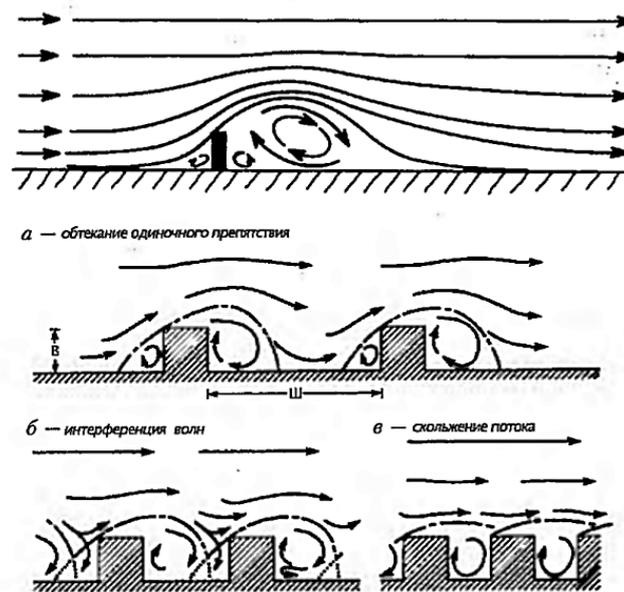


Рис. 4. Примеры обтекания воздушным потоком различных типов застройки: а — отдельно стоящие здания (соотношение расстояния между зданиями  $Ш$  к их средней высоте  $В$  составляет  $Ш/В > 0,4$  для кубической формы и  $Ш/В > 0,3$  для вытянутой формы зданий); б — среднеплотная застройка ( $В/Ш > 0,7$  для кубической формы и  $В/Ш > 0,65$  для вытянутой формы зданий); в — высокоплотная застройка [7]

#### Вода в атмосфере города

Водяной пар оказывает важную роль для природных процессов, протекающих в атмосфере. Количество водяного пара в воздухе выразится в абсолютной влажности воздуха, и вычисляется в высочайших (граммах) и процентных единицах.

Относительная влажность вычисляется в процентах, это отношение содержащегося в воздухе водяного пара к максимально возможному количеству. 30-60% относительной влажности воздуха считается нормальным для человека. Если относительная влажность составляет менее 30%, то воздух считается сухим. 70-85% - умеренно влажный воздух, и более 85% - сильно влажный.

Повышение влажности воздуха в городе происходит за счет поступления влаги путем переноса через атмосферу с других территорий, из-за выпадения осадков, а также увеличение выбросов влаги от инженерно-технических, производственных сооружений, сжигания древесины. Но в городе также происходит и понижение поступающей влаги, в первую очередь, за счет организации сбора ливневой воды путем устройства дождеприемников и ливневой канализации, сбор поверхностных стоков.

Как было упомянуто выше, для города характерно существование «острова тепла», за счет которого также снижается около половины величины относительной влажности. Зимой наоборот влажность в городе выше, чем в пригороде, это связано с отоплением зданий, выделяется больше тепла в воздух и соответственно температура воздуха в городе выше, снег испаряется быстрее.

В городе происходит большое количество техногенных процессов, под влиянием которых образуются осадки, облачность, развивается вертикальная конвекция, так как пары вынуждены обтекать высотные здания.

#### Выводы

Основной особенностью климата города считается «остров тепла», так как в городе температура воздуха выше, чем на загородной территории. Температура воздуха в городе как правило выше на 1-2°C, а при ветреной ночи разница может достигать и 6-8°C.

В городах с развитой промышленностью из-за большого количества техногенных процессов образуются определенные микроклиматы, в которых другие термические, влажностные, радиационные характеристики.

При создании любой городской среды очень важно проводить анализ климата с точки зрения архитектуры, проследить влияние создаваемых городом климатов и микроклиматов на человека. В нашей стране, с большим количеством и разнообразием климатических условий это особенно важно. На стадии планировки территории необходимо разрабатывать мероприятия по использованию преимуществ и устранению недостатков её природных климатических характеристик.

#### Библиографический список

1. Кратцер, П. А. Климат города. М., 1958; Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и климатология. 6-е изд. М., 2004.
2. Коваленко П.П. Городская климатология: учеб. пособие. – М.: Стройиздат, 1993. – 134 с.
3. Пиловец, Г.И. Метеорология и климатология. Изд. «Новое знание» Минск, 2013. 398 с.
4. Сапожникова С. А. Микроклимат и местный климат. — Л., 1950.
5. Мягков М.С., Губернский Ю.Д., Конова Л.И., Лицневич В.К. Город, архитектура, человек и климат. М.: Архитектура-С, 2007.
6. Малинина Е.П. Климат города и самочувствие населения. Социальный компас [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.socialcompas.com/2017/11/28/klimat-goroda-i-samochuvstvie-naseleniya/> – Загл. с экрана.
7. Мезо- и микроклимат [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studopedia.ru/1\\_62674\\_mezoklimat-klimat-bolshogo-goroda.html](https://studopedia.ru/1_62674_mezoklimat-klimat-bolshogo-goroda.html) – Загл. с экрана.
8. Т. R. Oke - Boundary Layer Climates, 1988. 435 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.academia.edu/16752781/T\\_R\\_Oke\\_Boundary\\_Layer\\_Climates\\_1988\\_PDF](https://www.academia.edu/16752781/T_R_Oke_Boundary_Layer_Climates_1988_PDF) – Загл. с экрана.
9. Попов Б.А. Современные проблемы комплексной экологической оценки территорий для целей градостроительства / Б.А. Попов, Н.Б. Хахулина, Т.Б. Харитоновна // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2020. № 3 (14). С. 61-70.
10. Баринов В.Н. Управление городскими территориями / Баринов В.Н., Околелова Э.Ю., Трухина Н.И., Корницкая О.В. Уч. пособие Воронеж, 2020. 128 с.
11. Грабовый П.Г. Планирование и контроллинг в жилищной сфере / П.Г. Грабовый, И.Г. Лукманова, Л.Н. Чернышев, Н.И. Трухина, Н.В. Иванова и др. Учебник для вузов / Федеральное агентство по образованию, Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2009. 505 с.
12. Попов Б.А. Опыт обоснования и разработки использования фотоснимка как метода определения загрязненности атмосферы дымовыми выбросами предприятий / Б.А.Попов, М.Б. Реджепов, Н.Б. Хахулина, Ю.С. Нетребина, Н.И. Самбулов, Н.В. Яковенко // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 3. С. 56-64.

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 330.34.001.76

Воронежский государственный  
технический университет  
студент группы мЭУС-191 строительного  
факультета  
Фомина А.Р.

Россия, г. Воронеж, тел.: +79300140601  
e-mail: [nastenkafomina97@gmail.com](mailto:nastenkafomina97@gmail.com)

Воронежский государственный  
технический университет  
канд. экон. наук, доцент кафедры кадастра  
недвижимости, землеустройства и геодезии  
Корницкая О.В.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: [mill\\_mell@list.ru](mailto:mill_mell@list.ru)

Воронежский государственный  
технический университет  
Д-р экон. наук, проф. кафедры цифровой и  
отраслевой экономики  
Околелова Э.Ю.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: [ella\\_ok16@mail.ru](mailto:ella_ok16@mail.ru)

Voronezh State Technical University  
Students of group mEUS-191  
building department  
Fomina A.R.  
Russia, Voronezh, tel +79300140601  
e-mail: [nastenkafomina97@gmail.com](mailto:nastenkafomina97@gmail.com)

Voronezh state technical University  
Candidate of Economics Sciences, dotsute the Department  
of Real Estate Cadastre, Land Management and Geodesy  
Kornitskaya O.V.  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: [mill\\_mell@list.ru](mailto:mill_mell@list.ru)

Voronezh state technical University  
Doctor of Economics, Professor of the Department of  
Digital and Industrial Economics  
Okolelova E.Y.  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: [ella\\_ok16@mail.ru](mailto:ella_ok16@mail.ru)

А.Р. Фомина, О.В. Корницкая, Э.Ю. Околелова

### ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

#### В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация: В данной статье изучен вопрос использования информационных технологий и методы информационного моделирования в строительной отрасли. Рассмотрена классификация информационных технологий, программы, упрощающие и ускоряющие строительный процесс. Выявлены основные аспекты развития информационного моделирования. Проанализированы основные показатели, влияющие на рабочий процесс в строительной отрасли за счет применения современных ИТ-технологий.

Ключевые слова: ИТ-технологии, информационное моделирование, система автоматизированного проектирования, информационные системы.

A.R. Fomina, O.V. Kornitskaya, E.Y. Okolelova

### BASIC ASPECTS OF INFORMATION MODELING IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Annotation: This article examines the use of information technologies and methods of information modeling in the construction industry. The classification of information technologies, programs that simplify and accelerate the construction process is considered. The main aspects of the development of information modeling are identified. The main indicators affecting the workflow in the construction industry due to the use of modern IT technologies are analyzed.

Keywords: IT technology, information modeling, computer-aided design system, information systems.

Для того чтобы сократить время и затраты человеческого труда нужно привести проектные и расчетные работы в автоматизированный режим, тем самым обеспечив успешную организацию строительного процесса. Этого можно достичь с помощью использования новых информационно-технологических программ.

В настоящее время ИТ – это системы, осуществляющие работу с проектами (к примеру, возведение зданий, конструирование инженерных сооружений) и проектной документацией, а до 2020 года ИТ выполняли лишь операции по решению расчетных задач.

Также с помощью информационных технологий осуществляется государственный надзор за объектами строительства, который стал осуществляться в автоматическом режиме.

В данной статье исследовано применение информационного моделирования и IT-технологий в строительстве, программные продукты, используемые при строительном процессе.

В современном мире без информационного моделирования невозможно эффективно управлять бизнесом, так как именно оно используется при управлении материальными потоками, коллективами работающих на производстве людей, рабочими местами, деятельностью структур. К тому же моделирование обеспечивает высокий уровень конкурентоспособности предприятия на рынке и способствует понижению стоимости проектов [1].

Увеличение спроса на IT-технологии в строительной отрасли становится неотъемлемой составляющей предприятий строй индустрии, что требует непрерывного развития и модернизации.

Информационные технологии – это четкая связь процессов, которые осуществляются над информацией при помощи автоматизированных методов и средств. Процессы – все действия, совершаемые с информацией.

Типичные технологические операции показаны на рисунке 1.



Рис. 1. Типичные технологические операции

Чтобы привести классификацию ИТ, нужно изучить критерии, по которым и составлена эта классификация. Критерии для классификации ИТ представлены на рисунке 2.

Первый критерий классификации – это назначение и характер использования ИТ. По этому признаку выделяют два вида информационных технологий:

1. Обеспечивающие ИТ.
2. Функциональные ИТ.

Первый вид ИТ по данному критерию осуществляет организацию процессов хранения, обработки и пересылки ИТ настроены на автоматизированное решение задач. Такие технологии передачи информации. Например, текстовая обработка, разработка программного обеспечения, защита информации и действия по извлечению информации из базы данных.

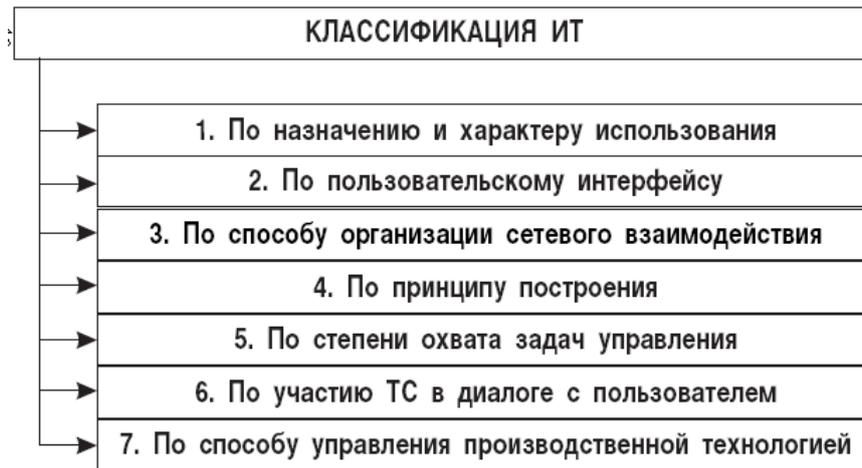


Рис. 2. Классификация ИТ по основным критериям

Функциональные технологии применяются при изучении и обработке исходной информации в строительной сфере [2].

И первый и второй вид по данному критерию находятся в непосредственной зависимости. Так, к примеру, первые создают текстовые редактор для ведения бухгалтерского учета, а вторые обеспечивают автоматический расчет.

По пользовательскому интерфейсу информационные технологии делятся на 3 вида, которые показаны на рисунке 3.



Рис. 3. Классификация ИТ по первому критерию

Пакетные ИТ представляют собой работу с обработкой информации в автоматическом режиме и в определенной последовательности. Цель пользователя в данном случае заключается в подготовке исходных данных и передаче их в единый центр, для последующей обработки [3].

Диалоговые ИТ – технологии, с помощью которых можно получить информацию в реальном времени, хранящуюся в системе. В отличие от предыдущего вида ИТ эти технологии не имеют четкой последовательности в обработке данных.

Сетевые информационные технологии представляют собой информационную систему, с помощью которой пользователь получает доступ к нужной информации и ресурсам. С помощью данной технологии несколько работников могут решать одну задачу между собой дистанционно, находясь каждый на своем рабочем месте [4].

Следующим критерием классификации информационных технологий является способ организации сетевого взаимодействия, который представлен на рисунке 4.

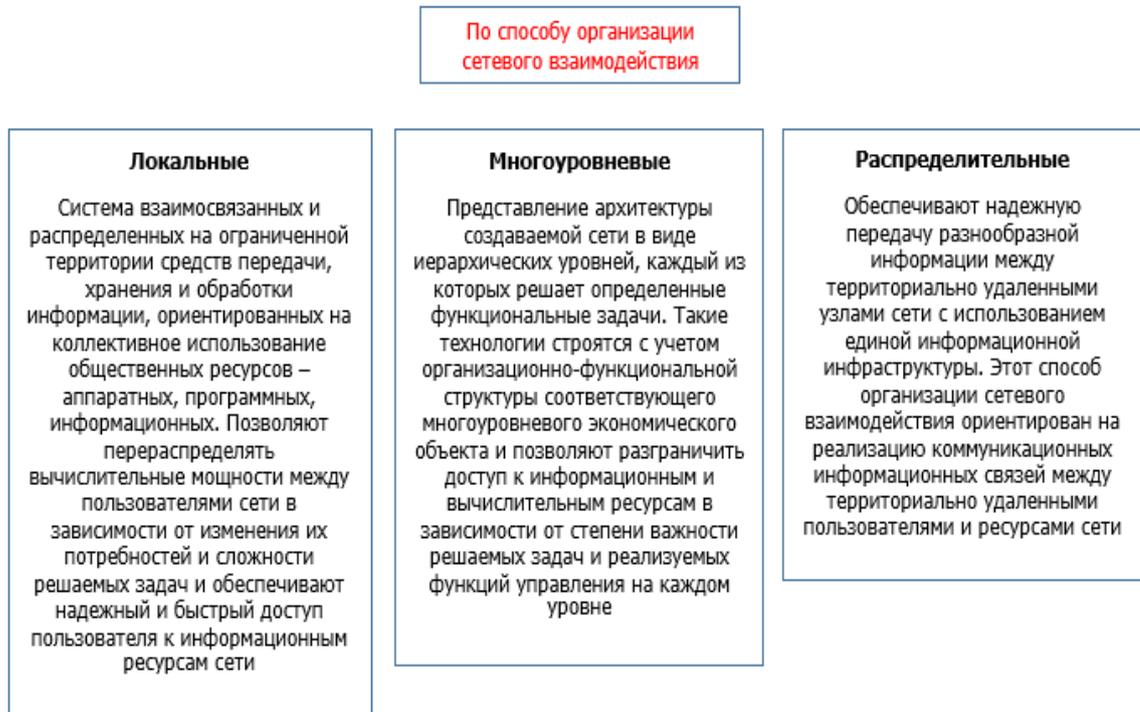


Рис. 4. Виды информационных технологий по способу организации сетевого взаимодействия

Четвертый признак классификации ИТ - это принцип построения. Он в свою очередь подразумевает два вида ИТ – функциональные и объектно-ориентированные.

Сущность первого вида состоит в использовании определенного алгоритма для деятельности специалистов, с помощью которого будет решена целевая задача, результатом которой станет переработка исходной информации в результативную.

При проектировании системы классов и объектов строительной отрасли осуществляют свою деятельность объектно-ориентированные информационные технологии.

Пятый критерий классификации информационных технологий – это уровень охвата задач управления. Подразумевает деление на такие виды как:

- информационные технологии, предназначенные для детальной обработки данных (решение задач при достаточном количестве исходной информации, известных процедур их обработки и заданном алгоритме) [5];

- ИТ управления (подготовка управленческих решений путем формирования отчетности и работы в информационно-справочном режиме);

- информационные технологии, с помощью которых можно максимально автоматизировать работу офисных сотрудников (поддержка коммуникационной работы непосредственно внутри организации и с другими предприятиями с помощью использования средств передачи и работы с информацией и компьютерных сетей);

- ИТ поддержки принятия решений (интегрирование вариантов решения);

- ИТ экспертных систем (подготовка обоснованных решений и выбор стратегии развития и управления. Главное отличие от предыдущего вида информационных технологий состоит в принятии рискованных решений, при этом утверждается алгоритм действий в процессе принятия решения).

Шестым критерием деления информационных технологий является характер участия технических средств в диалоге с пользователем. Подразумевает под собой 2 вида: информационно-справочные (пассивные) и информационно-соответствующие технологии (активные).

Пассивные ИТ предназначены для предоставления информации пользователю после запроса.

Активные ИТ в отличие от пассивных автоматически предоставляют необходимые данные пользователю в определенный период времени.

Седьмой критерий классификации ИТ – способ управления технологиями промышленного производства, представлен на рисунке 5.



Рис. 5. Седьмой критерий деления ИТ

Децентрализованные ИТ – комплексность независимых технологий, причем каждая из которых имеет свою информационную и алгоритмическую базу.

Централизованные ИТ – осуществление управления объектами в одной системе. В единой системе происходит сбор и обработка исходных данных об объекте, информация анализируется и выдает результат (управленческое решение).

Рассредоточенные информационные технологии осуществляют исполнение управления, при котором каждая отдельная система вступает в информационное воздействие с другими органами управления, по мере необходимости.

Иерархические информационные технологии подразумевают под собой разделенный на несколько ступеней управленческий процесс. На каждой из таких ступеней осуществляется сбор и обработка данных и выработка решения [6].

Для осуществления работы ИТ необходимо использовать САПР (система автоматизированного проектирования), при их помощи осуществляется архитектурное планирование и дизайнерские решения объекта, рассчитываются механические характеристики сооружений и непосредственно производится сам процесс управления строительством.

Самые распространенные программы в строительной сфере показаны на рисунке 6.

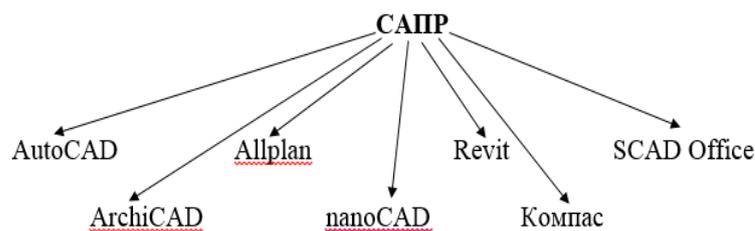


Рис. 6. Программы, используемые в строительной сфере

AutoCAD используют многие специалисты строительной отрасли. Это приложение, позволяющее создавать двух- и трехмерные модели объектов, чертежную документацию. Программа имеет платную лицензию и бесплатную пробную версию на короткий срок (около месяца). Для строительства и архитектуры созданы специальные приложения, которые есть на базе данной программы: Architecture (для работы с чертежами и чертежными документами), Civil 3D (проектирование различных элементов инфраструктуры, дорожной сети, ландшафта и землеустройства), Inventor 3D (проектирование трубопроводов, кабельных систем и многое другое), Navisworks (осуществляет проверку проектов).

ArchiCAD – самая распространенная программа, применяемая в строительном архитектурном проектировании. С помощью нее можно создать модель конструкций зданий

и сооружений, с помощью инструментов (колонны, окна, стены и т.д.) и проектную документацию.

Также с помощью ИТ можно рассчитать смету, с учетом индексов и коэффициентов и все в автоматическом режиме. Для этого созданы такие программы как "Смета 2000" \ "Ресурсная смета"; Smeta.ru; "Смета-2000"; "Аверс"; "Гранд Смета" и другие.

Для комплексного управления строительством тоже есть специальные программы. Некоторые из них - 1С: Управление строительной организацией"; "1С: Подрядчик строительства. Управление строительным производством"; "1С: Подрядчик строительства. Управление финансами". Эти приложения и программы нужны при создании календарных планов и контроле за ходом выполнения работ [7].

Информационное моделирование позволяет в единой системе собрать всю исходную документацию и использовать их на протяжении всех этапов строительства. Вследствие чего обеспечивается реализация проекта с момента задумки до эксплуатации.

Среди аспектов информационного моделирования можно выделить пять основных направлений:

- Расширение трехмерного пространства – 4D, 5D и 6D.

В результате такого действия будет обеспечено накопление большего объема информации.

Каждый из уровней соответствует качеству и количеству представляемой информации:

3D – инженерно-геологические изыскания, материальное и техническое обеспечение объекта, вопросы, касаемые безопасности.

4D – фактор времени.

5D – затраты (например, на материалы).

6D – компоненты, которые позволят придерживаться положения устойчивого развития (жизненный цикл проекта и др.)

- 3D – печать.

Вывод моделей на такие принтеры позволяет показывать макеты проектируемого объекта во время презентаций на этапах поиска инвесторов, привлечения средств на строительство.

Для экономии времени и средств, улучшения логистики, отслеживания изменений используется пространственная печать. Для нее можно задействовать различные материалы – бетон, сталь, графит и т.д. [8].

• Нормативно-правовое регулирование и сертификация. Поддержка концепции устойчивого развития.

В современном мире правительство одобряет развитие информационного моделирования для успешной реализации крупных значимых проектов. При осознании этого вводится сертификация, разрабатываются регламентов, соблюдение которых обязательно [9].

Технологии информационного моделирования удовлетворяют принципам бережного отношения к окружающей среде и концепции устойчивого развития строительного производства. При этом модели способны учитывать многие параметры окружающей среды, например, температуру, уровень содержания углекислого газа в воздухе, свойства материалов, энергетические характеристики уже на начальной стадии проектирования. Это существенно сократит затраты [10].

Информационные технологии и информационное моделирование плотнее входят в строительную сферу. Благодаря наличию современных приложений и программ работа строительных организаций сильно упрощается, а студентам и школьникам намного легче усваивать основы проектирования. В результате усовершенствования сферы информационного моделирования происходит ускорение строительного процесса, приведение практически безошибочного результата в итоге и сокращение затрат на материалы и эксплуатацию.

## Библиографический список

1. Barinov V.N. Technology of the information modeling as an innovative form of managing the investment and construction process/Barinov V.N., Trukhina N.I., Kornitskaya O.V., Okolelova E.Y., Shulgin A.V.//Lecture Notes in Networks and Systems (см. в книгах). 2020. Т. 129 LNNS. С. 1566-1571.
2. Фомина А.Р. Развитие цифровой экономики в строительной отрасли /Фомина А.Р., Корницкая О.В., Околелова Э.Ю.//Студент и наука. 2020. № 1 (12). С. 38-43.
3. Корницкая О.В. Совершенствование инструментария управления инновационной деятельностью на предприятиях стройиндустрии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина. Тамбов, 2015. - 168с.
4. Баринов В.Н. Эффективные технологии в управлении земельными ресурсами / Баринов В.Н., Трухина Н.И., Хахулина Н.Б. // ФЭС: Финансы. Экономика.. 2020. Т. 17. № 1. С. 49-54.
5. Okolelova E.Yu. The mechanism of evaluation under the conditions of uncertainty of innovational project as a random process/E.Yu. Okolelova, L.V. Shulgina, N.I. Trukhina, M.A. Shibaeva, A.V. Shulgin //Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Т. 726. С. 56-63.
6. Корницкая О.В. Специфика инновационного управления объектами недвижимости в современных условиях /О.В. Корницкая, Е.В. Григораш //Международный научный институт "Educatio". 2015. № 2-9. С. 73-75.
7. Корницкая О.В. Механизмы и стратегии управления инновационной деятельностью в строительной отрасли/О.В. Корницкая// Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 467.
8. Okolelova E. Development of mechanisms for innovative projects management based on their identification and results forecast in the risk environment/ E. Okolelova, N. Trukhina// В сборнике: МАТЕС Web of Conferences 2016. С. 04069.
9. Околелова Э.Ю. Математическое моделирование как неотъемлемая часть развития современного строительного предприятия/ Э.Ю. Околелова, О.В. Корницкая//Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика и предпринимательство. 2013. № 11. С. 115-118.
10. Грабовый П.Г. Планирование и контроллинг в жилищной сфере / П.Г. Грабовый, И.Г. Лукманова, Л.Н. Чернышев, Н.И. Трухина, Н.В. Иванова и др. Учебник для вузов / Федеральное агентство по образованию, Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2009. 505 с.
11. Околелова Э.Ю. Модель оценки эффективности инвестиций в объекты коммерческой недвижимости с учетом рисков / Э.Ю. Околелова, Н.И. Трухина, М.А. Шибеева // Экономика строительства. 2017. № 4 (46). С. 15-29.
12. Трухина Н.И. Планирование и контроль в управлении организаций жилищной сферы / Н.И. Трухина, Е.А. Погребенная // Труд и социальные отношения. 2010. № 3. С. 57-61.
13. Трухина Н.И. Стратегическое планирование деятельности организаций жилищной сферы в современных условиях / Н.И. Трухина, В.Н. Баринов // ФЭС: Финансы. Экономика. 2012. № 2. С. 42-46.
14. Maslikhova L.I. Analysis and Comparison of Technologies of Survey of Buildings and Structures for The Purpose Of Obtaining A 3D model / L.I. Maslikhova, N.B. Nahulina, N.I. Sambulov, S.V. Akimova // В сборнике: Iop Conference Series: Materials Science And Engineering. International science and technology conference "FarEastCon-2019". 2020. С. 032061.

УДК 631.164.25

Воронежский государственный технический университет  
студент группы бЗИК-171 строительного факультета  
Середина А.С.  
Россия, г. Воронеж,  
тел.: +79525420285  
e-mail: alena.seredina.99@mail.ru

Воронежский государственный технический университет  
канд. экон. наук, доцент кафедры кадастра  
недвижимости, землеустройства и геодезии  
Корницкая О.В.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: mill\_mell@list.ru

Воронежский государственный технический университет  
Д-р экон. наук, проф. кафедры цифровой и отраслевой  
экономики  
Околелова Э.Ю.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: ella\_ok16@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Student of group bZIK-171 building department  
Seredina A.S.  
Russia, Voronezh,  
tel.: +79525420285  
e-mail: alena.seredina.99@mail.ru

Voronezh state technical University  
Candidate of Economics Sciences, dotsute the Department  
of Real Estate Cadastre, Land Management and Geodes  
Kornitskaya O.V.  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: mill\_mell@list.ru

Voronezh state technical University  
Doctor of Economics, Professor of the Department of  
Digital and Industrial Economics  
Okolelova E.Y.  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: ella\_ok16@mail.ru

А.С. Середина, О.В. Корницкая, Э.Ю. Околелова

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ РФ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: В статье рассмотрена процедура государственной кадастровой оценки земель РФ сельскохозяйственного назначения, рассмотрены понятие и состав земель сельскохозяйственного назначения, приведены методы оценки и этапы. Изучены и проанализированы базовые оценочные показатели, влияющие на величину кадастровой стоимости земли.

Ключевые слова: кадастровая оценка, земли сельскохозяйственного назначения, базовые оценочные показатели.

A.S. Seredina, O.V. Kornitskaya, E.Y. Okolelova

## STATE CADASTRAL ASSESSMENT OF AGRICULTURAL LANDS OF THE RUSSIAN FEDEPATION

Introduction: The article considers the procedure of the state cadastral assessment of agricultural lands of the Russian Federation, considers the concept and composition of agricultural lands, provides methods of assessment and stages. The basic estimated indicators that affect the value of the cadastral value of land are studied and analyzed.

Key words: cadastral valuation of agricultural land, basic performance indicators.

Любой инвестиционно – строительный проект подвергается действию факторов риска. Риск – это вероятность наступления неблагоприятного события, связанного с наступлением материального ущерба. Измерение риска – определение вероятности наступления рискового события. Оценивая риски, которые в состоянии принять на себя команда проекта, инвестор проекта при его реализации исходит, прежде всего, из специфики и важности проекта, из наличия необходимых ресурсов для его реализации и возможностей финансирования вероятных последствий рисков.

Степень допустимых рисков, как правило, определяется с учётом таких параметров, как размер и надёжность инвестиций в проект, запланированный уровень рентабельности и другие [1].

В современных экономических условиях основной центр управления проектами в инвестиционно-строительной сфере смещается на региональный уровень, т.к. именно

регионы, в большем своем количестве, обладают теми возможностями, которые позволяют эффективно реализовывать те или иные проекты.

Земля является основой жизнедеятельности, экономического благополучия страны и выступает незаменимым средством производства [1]. Земли сельскохозяйственного назначения занимают значительную часть всей территории страны. Главной характеристикой земли является ее плодородие. Для поддержания надлежащего качества почвы, должны проводиться мелиоративные мероприятия.

Граждане и юридические лица могут привлекаться к административной ответственности при ненадлежащем использовании земельных ресурсов из земель сельскохозяйственного назначения, то есть при допущении их зарастания, а также нарушение плодородного слоя почвы, при длительном неиспользовании возможно изъятие (конфискация) земель у собственника [2].

Согласно статьи 77 Земельного Кодекса РФ землями сельскохозяйственного назначения признаются земли, находящиеся за границами населенного пункта и предоставленные для нужд сельского хозяйства, их состав представлен в таблице 1 [1].

Таблица 1

Состав земель с/х назначения

Земли сельскохозяйственного назначения				
с/х угодья	земли, занятые внутрихозяйственными дорогами	мелиоративные защитные лесные насаждения	водные объекты	здания, сооружения, используемые для производства, хранения и первичной обработки с/х продукции

Земли с/х назначения используются в целях, представленных на рисунке 1.

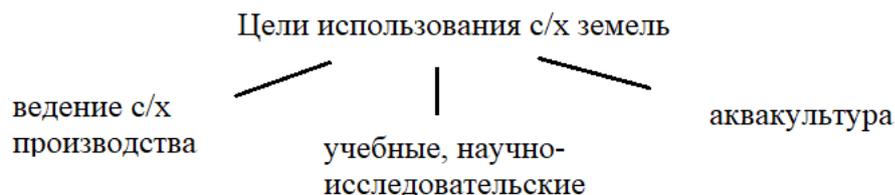


Рис.1 Цели использования с/х земель

Согласно таблице 2 использование сельскохозяйственных земель допускается в следующих случаях.

Пашни, сенокосы, пастбища, залежи, земли, занятые многолетними насаждениями относятся к с/х угодьям (согласно ст.79 ЗК РФ). На их территории запрещено строительство домов, гаражей, а также ведение садоводства для собственных нужд [3].

Государственная кадастровая оценка - определение наиболее реальной стоимости земельного участка, проводится один раз в 3-5 лет [4].

Условия, при которых необходима кадастровая оценка, представлены на рисунке 2.

## Использование с/х земель

1	крестьянскими (фермерскими) хозяйствами для осуществления их деятельности
2	гражданами, ведущими личные подсобные хозяйства, садоводство, животноводство, огородничество
3	хозяйственными товариществами и обществами
4	производственными кооперативами
5	государственными и муниципальными унитарными предприятиями
6	коммерческими и некоммерческими организациями
7	религиозными организациями
8	казацкими обществами
9	опытно-производственными, учебными подразделениями научных организаций, образовательных организаций, осуществляющих подготовку кадров в области сельского хозяйства.
10	общинами коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации для сохранения и развития их традиционных образа жизни

Условия, при которых необходима кадастровая оценка, представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Кадастровая оценка необходима при следующих условиях

От кадастровой стоимости напрямую зависит сумма налога, для каждого объекта она определяется в индивидуальном порядке и зависит от множества факторов, которые представлены в таблице 3 [5].

Основными критериями являются 1, 8 и 9, которые берутся за основу при расчете величины кадастровой стоимости.

Кадастровая стоимость с/х земель определяется с помощью 3 подходов: сравнительный, доходный и затратный [6].

Сравнительный используется при наличии 3-5 аналогичных участков, стоимость которых известна. Доходный подход применяется при коммерческом использовании участка, строится на основе анализа доходов, полученных ранее. Если оцениваемый участок не имеет аналогов, то применяется затратный подход. Для получения наиболее точных результатов оценщик должен использовать все три подхода, но это не всегда является возможным.

Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель проводится в соответствии с этапами, представленными на рисунке 3.

Таблица 3

## Факторы, влияющие на величину кадастровой стоимости

1	площадь участка
2	особенности территориального расположения
3	разрешенное использование
4	наличие активного рынка
5	удельный показатель кадастровой стоимости по региону и в целом по стране
6	инфраструктура и хозяйственные постройки на участке
7	состав, качество и структура и плодородие почвы
8	рентабельность и продуктивность надела, при максимальном использовании всех его потенциальных возможностей за определенный промежуток времени
9	затраты, связанные с процедурой оценки

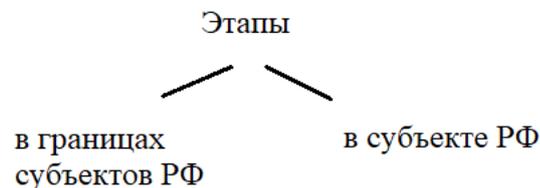


Рис. 3. Этапы кадастровой оценки с/х земель

На первом этапе вычисляются базовые показатели, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4

## Базовые оценочные показатели

1	продуктивность 1 гектара земли
2	затраты, связанные с использованием земли
3	цена производства валовой продукции
4	рентный доход
5	кадастровая стоимость

Затем базовые показатели и кадастровые стоимости, для проведения оценки внутри субъектов, передаются органам субъектов РФ.

На втором этапе оценка проводится по районам и землевладениям, которая включает действия, представленные в таблице 5.

Таблица 5

## Содержание второго этапа

1	вычисление фактической продуктивности 1 гектара земли и затраты на его содержание
2	расчет коэффициентов дифференциации базовых показателей
3	умножение базовых показателей (полученных на первом этапе) на коэффициенты дифференциации, в результате чего получают базовые показатели продуктивности и затрат по земельно-оценочным районам

Для проведения работ необходима информация, которая представлена в таблице 6.

## Информация

1	данные почвенных обследований
2	показатели оценочной продуктивности с/х угодий
3	материалы бонитировки почв

Административные районы сформированы по нескольким показателям, которые представлены на рисунке 4.

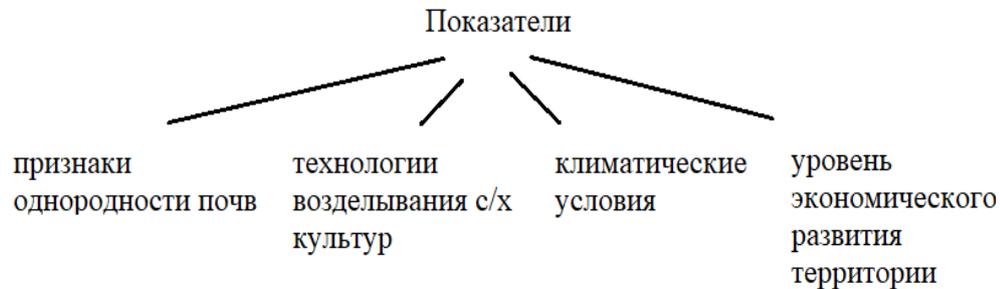


Рис. 4. Показатели, объединяющие административные районы

Информация по административным районам и субъекту РФ обобщается [7].

Удельный показатель кадастровой стоимости с/х угодий земельного участка определяется как произведение срока капитализации (33 года) на расчетный рентный доход (с 1 гектара) [8].

Рентный доход складывается из абсолютного и дифференциального рентного доходов, которые были установлены на первом и втором этапе соответственно [9].

Затем определяется кадастровая стоимость как произведение удельного показателя кадастровой стоимости земельного участка на его площадь [10].

Таким образом, оценка сельскохозяйственных земель проводится с целью получения по каждому участку комплекса оценочных показателей, в том числе данных об их плодородии, местоположении, технологических свойствах, необходимых для организации рационального использования земель, разработки проектов землеустройства, а также определения их кадастровой стоимости для целей налогообложения и иных целей [11], установленных законом.

## Библиографический список

1. Земельный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 30.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2021)// КонсультантПлюс.– Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/)
2. О государственной кадастровой оценке [Электронный ресурс]: федер. Закон от 03 июля 2016 г. №237-ФЗ (последняя редакция)//КонсультантПлюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_200504/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200504/)
3. Об оценочной деятельности в Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон от 29 июля 1998 г. №135-ФЗ (последняя редакция)//КонсультантПлюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19586/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19586/)
4. Об утверждении Федерального стандарта оценки "Общие понятия оценки, подходы и требования к проведению оценки (ФСО №1) [Электронный ресурс]: Приказ Минэкономразвития России от 20 мая 2015 г. №297 // КонсультантПлюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_180064/cb825704b9ed4d9241337d2a9184055c47c06864/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180064/cb825704b9ed4d9241337d2a9184055c47c06864/)
5. Об утверждении Федерального стандарта оценки "Цель оценки и виды стоимости (ФСО №2)[Электронный ресурс]: Приказ Минэкономразвития России от 20 мая 2015 г. №298 //КонсультантПлюс. – Режим доступа:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_180061/cb79bf0adb561730b5a291bfc6be4a94f0f44eaf/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180061/cb79bf0adb561730b5a291bfc6be4a94f0f44eaf/)

6. Об утверждении Федерального стандарта оценки "Определение кадастровой стоимости (ФСО №4) [Электронный ресурс]: Приказ Минэкономразвития России от 22 окт. 2010 г. №508 (ред. от 22.06.2015) //КонсультантПлюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_113247/5516bff264658622d8c24597a355e591df093fc5/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113247/5516bff264658622d8c24597a355e591df093fc5/)

7. Корницкая О.В. Формирование основных аспектов эффективного использования земельных ресурсов/Корницкая О.В., Околелова Э.Ю., Трухина Н.И.// Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 4-1. С. 73-78.

8. Корницкая О.В. Совершенствование инструментария управления инновационной деятельностью на предприятиях стройиндустрии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина. Тамбов, 2015. - 168с.

9. Хахулина Н.Б. Земельный рынок Воронежской области / Н.Б. Хахулина, Е.А. Василенко // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 3. № 2. С. 240-246.

10. Корницкая О.В. Специфика инновационного управления объектами недвижимости в современных условиях /О.В. Корницкая, Е.В. Григоращ//Международный научный институт "Educatio". 2015. № 2-9. С. 73-75.

11. Коломыцева А.С. Система эффективного управления земельными ресурсами/Коломыцева А.С., Черемисина Е.В., Корницкая О.В., Околелова Э.Ю.// Студент и наука. 2019. № 4 (11). С. 22-28.

12. Хахулина Н.Б. Классификация зарубежных земельно-кадастровых систем / Хахулина Н.Б., Агеева С.Т. // В сборнике: Кадастровое и эколого-ландшафтное обеспечение землеустройства в современных условиях. Материалы международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. 2018. С. 256-260.

13. Курасов С.В. Зарубежный опыт использования спутниковых систем в кадастре / С.В. Курасов, Н.Б. Хахулина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2015. № 8. С. 54-59.

14. Ершова Н.В. Особенности развития кадастровой системы Российской Федерации / Н.В. Ершова, В.Н. Баринин, Н.И. Трухина, Г.А. Калабухов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета . 2019. Т. 12. № 3 (62). С. 222-228.

15. Трухина Н.И. Некоторые особенности учета и регистрации объектов недвижимости / Н.И. Трухина, Н.В. Ершова, В. Селина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика и предпринимательство. 2015. № 1 (12). С. 105-107.

16. Трухина Н.И. Особенности механизма проведения государственной кадастровой оценки земель / Н.И. Трухина, С.А. Сидоренко, И.И. Чернышихина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика, организация и управление в строительстве. 2011. № 9. С. 78-84.

17. Трухина Н.И. Научные аспекты управления объектами недвижимости в жилищной сфере / Н.И. Трухина. Монография. Воронеж, 2006. 359 с.

18. Мищенко В.Я. Экономические методы управления имущественным комплексом / В.Я. Мищенко, Н.И. Трухина, О.К. Мещерякова. Учеб. пособие для студентов, обучающихся по спец. 291500 - "Экспертиза и упр. недвижимостью" направления 653500 "Стр-во" / В.Я. Мищенко, Н.И. Трухина, О.К. Мещерякова; М-во образования Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т. Воронеж, 2003. 114 с.

## УДК 630.6

Воронежский государственный технический университет  
студент группы бЗИК-171 строительного факультета  
Шереметова К.И.

Россия, г. Воронеж,  
тел.: +7(920) 452-00-44;  
email: karinasheremetova@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

канд. экон. наук, доцент кафедры кадастра  
недвижимости, землеустройства и геодезии  
Корницкая О.В.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: mill\_mell@list.ru

Воронежский государственный  
технический университет

Д-р экон. наук, проф. кафедры цифровой и отраслевой  
экономики

Околелова Э.Ю.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: ella\_ok16@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Student of group bZIK-171 building department  
Sheremetova K.I.

K. Russia, Voronezh,  
tel.: +7(920) 452-00-44;  
email: karinasheremetova@yandex.ru

Voronezh state technical University  
Candidate of Economics Sciences, dotsute the Department  
of Real Estate Cadastre, Land Management and Geodes  
Kornitskaya O.V.

Russia, Voronezh, tel.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: mill\_mell@list.ru

Voronezh state technical University  
Doctor of Economics, Professor of the Department of  
Digital and Industrial Economics  
Okolelova E.Y.

Russia, Voronezh, tel.: +7(473) 271-50-72  
e-mail: ella\_ok16@mail.ru

К.И. Шереметова, О.В. Корницкая, Э.Ю. Околелова

## СПЕЦИФИКА ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА

Аннотация: Целью написания данной статьи является изучение особенностей кадастровой оценки земель лесного фонда. В статье проанализированы существовавшая ранее методика оценки и ныне действующая, а также рассмотрены их принципиальные различия. Кроме того, в работе описано понятие объекта оценки и его разновидности. Изложено значение характеристик оцениваемого объекта для нахождения его стоимости.

Ключевые слова: лесной фонд, государственная кадастровая оценка, метод оценки, вид использования.

K.I. Sheremetova, O.V. Kornitskaya, E.Y. Okolelova

## SPECIFICITY OF STATE CADASTRAL VALUATION OF FOREST LANDS

Introduction: The purpose of this article is to study the features of the cadastral valuation of forest lands. It analyzes the previously existing assessment methodology and the current one, and also considers their fundamental differences. In addition, the paper describes the concept of the object of assessment, its varieties. At the same time, the value of the characteristics of the assessed object for finding its value is stated.

Keywords: forest fund, state cadastral assessment, assessment method, type of use.

Земли лесного фонда Российской Федерации занимают больше половины площади всей территории страны, что говорит об их значимости и требуемом внимании к обращению с ними. Так как любое неразумное, нецелесообразное и неоправданное принятое решение по отношению к данной категории земель ведет за собой проблемы национального значения. Так как Российская Федерация является лидером по запасам леса, изучение и совершенствование этой темы является необходимым. И именно поэтому существует потребность в более детальном рассмотрении правового регулирования данных земель, их кадастровой оценке, защите и охране.

Роль государственной кадастровой оценки в вопросе регулирования управления земель лесного фонда является существенной по причине того, что кадастровая оценка данной категории земель позволяет зафиксировать на конкретный момент времени состояние и качество этих земель, что позволит решить задачи управления данной категории земель, использования и извлечения экономической полезности. Изображено на рисунке 1:

© Шереметова К.И., Корницкая О.В., Околелова Э.Ю., 2021



Рис. 1. Основные пункты кадастровой оценки земель лесного фонда

Земли лесного фонда подразделяются на две категории, а именно лесные и нелесные земли. К первым относят занятые лесами земли или же земли, целью освоения которых является лесовосстановление. Земли же которые используются для освоения лесов либо не предназначенные для выращивания древесных насаждений, так как для этого существует необходимость проведения мелиоративных и других мероприятий, относятся к нелесным землям [1].

На сегодняшний момент кадастровая оценка земель лесного фонда основывается на Приказе Министерства экономического развития РФ от 12 мая 2017 г. N 226 "Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке". До этого Приказ от 15 марта 2010 г. N 96, с назначением регулирования нормативной правовой базы кадастровой оценки, утвердил Методику определения кадастровой стоимости земель лесного фонда не подлежащей к применению.

Также к существенным изменениям в законодательстве, касающихся лесного фонда, можно отнести перевод лесов из категории недвижимости к категории движимого имущества на основе Федерального закона от 04.12.2006 N 201-ФЗ (ред. от 04.02.2021) "О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации". Имущественные отношения, связанные с оборотом лесных участков, регулируются гражданским кодексом. Лесной кодекс ограничивается в своей зоне влияния земельным законодательством. Это привело к тому, что лес больше не рассматривается как самостоятельный объект имущественных отношений, что говорит о том, что сделки с землей могут производиться, невзирая на расположенные леса на ней. Из этого следует, что главным фактором определения правового режима использования лесов являются земли, на которых они находятся, а значение самих лесов не принимается в расчет.

Структура оцениваемых объектов недвижимости играет большую роль в кадастровой оценке лесных земель. Поэтому необходимо рассматривать их в зависимости от вида характера растительности и применения земель. Но несмотря на огромное разнообразие

применения таких объектов, необходимо предусматривать только массовую заготовку древесины, как вид использования, на предмет определения удельного показателя кадастровой стоимости [2]. Изложено в таблице:

Земельные участки, занятые защитными, эксплуатационными или резервными лесами

Земельные участки, занятые защитными, эксплуатационными или резервными лесами, включают:		
земельные участки, занятые спелыми и перестойными насаждениями, пригодными для осуществления рубок лесных насаждений	земельные участки, занятые приспевающими насаждениями; земельные участки, занятые насаждениями, которые не входят в категорию приспевающих, спелых и перестойных лесов, поскольку заняты молодняками, средневозрастными насаждениями	земельные участки, не покрытые лесной растительностью, но предназначенные для ее восстановления

Территории лесных участков, имеющие одинаковые характеристики, такие как размер, качество, целевое назначение, а также расположение, несмотря на присутствие или отсутствие на данных участках древесных насаждений, будут оценены на равную стоимость. Так как леса являются улучшениями на участке, они оцениваются отдельно, что позволяет соотнести именно земельные участки по их характеристикам.

Применение сравнительного метода на территории РФ невозможно, по причине запрета гражданского оборота лесов, что исключает возможность выявления объектов-аналогов. Затратным методом имеется возможность определить стоимость древесины, однако оценка данным методом земельных участков лишена достоверности, так как кадастровая стоимость земельных участков будет дорожать, при условии затрудненности освоения, что приводит к искажению действительности. Определение стоимости земельного участка методом капитализации лесной ренты основано на капитализации наиболее типичной и устойчивой величины ренты, которая может рассчитываться как доход от его хозяйственного использования. Лесная рента получается благодаря использованию земельного участка при выращивании на нем образцовых лесных насаждений. Изображено на рисунке 2:

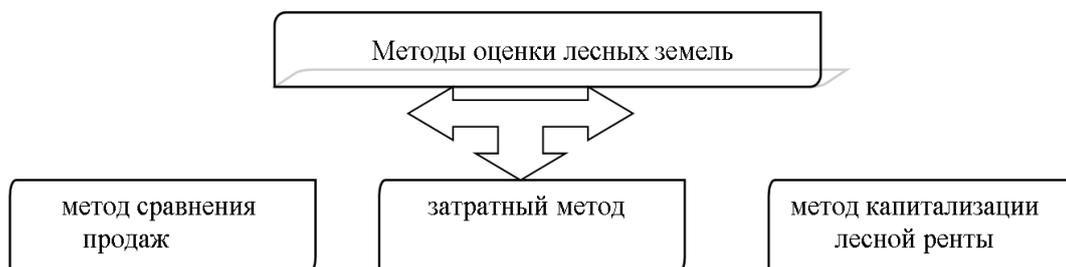


Рис. 2. Возможные методы оценки лесных земель

Всего в лишившейся силы Методике существовало 3 этапа. Согласно первому этапу – главную роль в определении стоимости 100 соток, подверженных оценке земель, в пределах оценочных зон и территорий субъектов РФ составляли следующие виды расчетов: базовая оценочная продуктивность лесных земель, базовые оценочные затраты и цена производства древесины, а также расчетный рентный доход за год. Расчет по этим же показателям для земель в пределах территории лесхозов предоставлял возможность применения кадастровой оценки на объекте этого уровня. И в конечном этапе находилась кадастровая стоимость

участков земель лесного фонда в границах лесхозов. В Методике описывались расчеты значения лесной ренты, и с помощью нее находилась кадастровая стоимость лесных земель в границах лесхоза [3].

Отличие данной Методики от ныне действующей являлось то, что она не только учитывала вид использования лесов, предоставляла конкретику в определении значимых показателей, но и принимала во внимание будущий доход [4]. Однако нехватка многих значений показателей не давала возможности приведение в действие этой методики, что и привело к ее отмене. Поэтому до момента утверждения новой единой методики кадастровой оценки земель лесного фонда необходимо полагаться на мнение оценщиков. На данный момент при кадастровой оценке земель, занятых лесами, используется временная шкала, состоящая из количества лет соответствующими одному обороту рубки.

Для сохранения хода определения кадастровой стоимости земельных участков, занятых лесами, необходимо для начала выяснить основные лесообразующие породы, их спелость, существование участков под рубку спелых и перестойных древостоев, то есть лесосек, а также долю в процентах лесообразующих пород, находящихся в различных степенях зрелости [5]. Если же на земельном участке произрастают неспелые и приспевающие насаждения, то необходимо делать корректировку на рассчитываемое время начала рубки.

Затем установить продуктивность земель, занятых спелыми насаждениями по существенным лесообразующим породам, для нахождения которой необходимо умножить ресурс древесины на рыночную стоимость 1 куб. м древесины, отпускаемую на корню, и по периоду, во время которого восстанавливается ресурс древесины, то есть древостой набирает возраст рубки. Обычно этот период считают в среднем по хозяйству.

Дисконтирование таких показателей как потенциальный доход и затраты на воспроизводство земель по основным признакам позволит рассчитать кадастровую стоимость земель, относящихся к лесному фонду [6].

Данные об издержках, финансируемых с помощью федерального бюджета и бюджетов других уровней, а также информация касательно потенциального дохода, получаемого благодаря привлечению земель в оборот, формируют временную шкалу. В данной шкале отображаются года, соответствующие одному обороту рубки преимущественной разновидности древесины. Совокупность дисконтирования разницы между вышеуказанными показателями дает значение кадастровой стоимости. Особенностей, не позволяющих другого понимания нахождения процента дисконтирования, на данный момент нет. Но затраты, равные стоимости похожего объекта, складываются из фактических затрат за конкретный отрезок времени [7].

Взятая за основу текущий момент методиканахождения кадастровой стоимости принимает во внимание только лишь экономическую значимость такого природного ресурса, как лес, оставляя без учета его экологическую и социальную роль. Виды лесопользования, а именно: подсочки леса, для получения живицы, заготовка и сбор не древесных лесных запасов, выращивание саженцев и другие, не идут в расчет [8]. Но при этом принятие нового закона дает более точное понимание того откуда необходимо извлекать данные для расчетов.

Так как государство является собственником земель лесного фонда, то оно само заинтересовано в совершенствовании лесного законодательства, максимизации получения доходов с земель данной категории, реализации рационального многоцелевого лесопользования. Необходимо во время пользования лесами помнить о требуемом темпе и охвате, который не будет нарушать жизнеспособность и внутренние резервы данных земель для их правильного функционирования.

#### Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации" от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 04.02.2021)//КонсультантПлюс.– Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/)

2. Приказ Минэкономразвития России от 12.05.2017 N 226 (ред. от 09.09.2019) "Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке" (Зарегистрировано в Минюсте России 29.05.2017 N 46860)// КонсультантПлюс.– Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_217405/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217405/)
3. Приказ Росземкадастра от 17.10.2002 N П/336 "Об утверждении Методики государственной кадастровой оценки земель лесного фонда Российской Федерации"// КонсультантПлюс.– Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40052/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40052/)
4. Коломыцева А.С. Система эффективного управления земельными ресурсами/Коломыцева А.С., Черемисина Е.В., Корницкая О.В., Околелова Э.Ю.// Студент и наука. 2019. № 4 (11). С. 22-28.
5. Управление городскими территориями: учеб. пособие / В.Н. Баринов, Э.Ю. Околелова, Н.И. Трухина, О.В. Корницкая; «Ритм». – Воронеж, 2020. - 128 с.
6. Корницкая О.В. Совершенствование инструментария управления инновационной деятельностью на предприятиях стройиндустрии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина. Тамбов, 2015. - 168с.
7. Корницкая О.В. Специфика инновационного управления объектами недвижимости в современных условиях /О.В. Корницкая, Е.В. Григораш//Международный научный институт "Educatio". 2015. № 2-9. С. 73-75.
8. Корницкая О.В. Формирование основных аспектов эффективного использования земельных ресурсов/Корницкая О.В., Околелова Э.Ю., Трухина Н.И.// Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 4-1. С. 73-78.
9. Баринов В.Н. Эффективные технологии в управлении земельными ресурсами / Баринов В.Н., Трухина Н.И., Хахулина Н.Б. // ФЭС: Финансы. Экономика.. 2020. Т. 17. № 1. С. 49-54.
10. Ершова Н.В. Особенности развития кадастровой системы Российской Федерации / Н.В. Ершова, В.Н. Баринов, Н.И. Трухина, Г.А. Калабухов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета . 2019. Т. 12. № 3 (62). С. 222-228.
11. Трухина Н.И. Некоторые особенности учета и регистрации объектов недвижимости Н.И. Трухина, Н.В. Ершова, В. Селина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика и предпринимательство. 2015. № 1 (12). С. 105-107.
12. Трухина Н.И. Особенности механизма проведения государственной кадастровой оценки земель / Н.И. Трухина, С.А. Сидоренко, И.И. Чернышихина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика, организация и управление в строительстве. 2011. № 9. С. 78-84.
13. Трухина Н.И. Научные аспекты управления объектами недвижимости в жилищной сфере / Н.И. Трухина. Монография. Воронеж, 2006. 359 с.
14. Мищенко В.Я. Экономические методы управления имущественным комплексом / В.Я. Мищенко, Н.И. Трухина, О.К. Мещерякова Учеб. пособие : Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т. Воронеж, 2003. 114 с.
15. Курасов С.В. Зарубежный опыт использования спутниковых систем в кадастре / С.В. Курасов, Н.Б. Хахулина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2015. № 8. С. 54-59.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 697.9

Воронежский государственный технический университет  
студент группы мСОМ-201 факультета инженерных систем и сооружений  
Моисеева В.Ю.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7-920-425-51-18  
e-mail: [viktoriaoisei@gmail.com](mailto:viktoriaoisei@gmail.com)

Воронежский государственный технический университет  
доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
Шепс Р.А.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7 960-131-66-01  
e-mail: [romansheps@yandex.ru](mailto:romansheps@yandex.ru)

Воронежский государственный технический университет  
доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
Шашин А.В.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7 910-249-13-19  
e-mail: [ingvent@mail.ru](mailto:ingvent@mail.ru)

Воронежский государственный технический университет  
старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
Фролова О.Е.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7 910-243-47-10  
e-mail: [oefrolova@yandex.ru](mailto:oefrolova@yandex.ru)

Voronezh State Technical University  
Student of group mSOM-201 faculty of engineering systems and constructions  
Moiseeva V.Y.

Russia, Voronezh, tel.: +7-920-425-51-18  
e-mail: [viktoriaoisei@gmail.com](mailto:viktoriaoisei@gmail.com)

Voronezh State Technical University  
Professor the Department of housing and communal services  
Sheps R.A.

Russia, Voronezh, tel.: +7 960-131-66-01  
e-mail: [romansheps@yandex.ru](mailto:romansheps@yandex.ru)

Voronezh State Technical University  
Professor the Department of housing and communal services  
Shashin A.V.

Voronezh, Russia, tel.: +7 910-249-13-19  
e-mail: [ingvent@mail.ru](mailto:ingvent@mail.ru)

Voronezh State Technical University  
Senior lecturer of the Department of housing and communal services  
Frolova O.E.

Russia, Voronezh, tel.: +7 910-243-47-10  
e-mail: [oefrolova@yandex.ru](mailto:oefrolova@yandex.ru)

В.Ю. Моисеева, Р.А. Шепс, А.В. Шашин, О.Е. Фролова

### ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАТОРА В СИСТЕМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА

Аннотация. Энергия необходима для нормальной жизнедеятельности и удовлетворения основных потребностей человека. Однако в связи с увеличением численности населения планеты, активно потребляющего энергетические ресурсы, добыча топлива становится все сложнее и требует больше материальных затрат. Производство энергии оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду. Поэтому экономия энергоресурсов является одной из главных задач, стоящих перед современным человеком. В данной статье приведено исследование, в ходе которого выявлено основное преимущество использования приточно-вытяжных установок с рекуперацией тепла. В материалах статьи произведен расчет экономической целесообразности применения этих установок.

Ключевые слова: экономия энергии, энергоресурсы, энергозатраты, рекуператор тепла, утилизация теплоты, система вентиляции, приточно-вытяжная установка.

V.Y. Moiseeva, R.A. Sheps, A.V. Shashin, O.E. Frolova

### ECONOMY OF ENERGY RESOURCES DUE TO THE APPLICATION OF A RECUPERATOR IN THE VENTILATION SYSTEM OF A SHOPPING CENTER

Introduction. Energy is necessary for normal life and meeting basic human needs. However, due to the increase in the world's population, which actively consumes energy resources, the extraction of fuel is becoming more difficult and requires more material costs. Energy production has a negative impact on the environment. Therefore, energy saving is one of the main challenges facing modern man. In this article, a study is presented, during which the main advantage of using supply and exhaust system with heat recovery is revealed. In the materials of the article, a calculation was made of the economic feasibility of using these installations.

Keywords: energy saving, energy resources, energy consumption, heat recuperator, heat utilization, ventilation system, supply and exhaust system.

При проектировании инженерных систем в последнее время все больше внимания уделяется рациональному использованию энергии. В системах вентиляции и кондиционирования воздуха больших помещений экономию энергоресурсов можно осуществить за счет утилизации теплоты [1,2].

Исследования показывают, что значительную часть от общего расхода на содержание торгового центра составляют издержки на потребление энергии.

Эксплуатация торгового центра может обойтись значительно дешевле с применением рекуператоров в приточно-вытяжных системах вентиляции, которые помогут избежать неоправданных потерь энергии.

В последнее время в нашей стране все больше инженеров-проектировщиков выбирают приточно-вытяжные установки с рекуперацией тепла. Несмотря на их дороговизну при покупке, в дальнейшем использовании выгода не заставит себя долго ждать [3].

Рекуперация – это процесс передачи тепловой энергии от вытяжного воздушного потока к приточному. Главное достоинство рекуперации – уменьшение расходов на подогрев приточного воздуха, тем самым осуществляется снижение нагрузки на систему отопления в холодный период года. [4,5].

Принцип работы рекуператора заключается в следующем (рис. 1). Отработанный воздух перед удалением из помещения подается в теплообменник. Туда же поступает свежий приточный воздух, предварительно прошедший очистку в фильтре. Происходит теплообмен между двумя потоками через разделяющую стенку: холодный воздух нагревается за счет удаляемого из помещения теплого воздуха. В рекуператоре не смешивается вытяжной и приточный воздух, передача тепловой энергии осуществляется бесконтактно. Отработанный воздух выводится наружу, а свежий нагретый поток воздуха поступает в помещение. Благодаря приточно-вытяжной установке с встроенным рекуператором в холодный период года в помещении с хорошей теплоизоляцией всегда остается комфортная температура внутреннего воздуха. Тепловая энергия практически не теряется, таким образом, уменьшается расход на систему отопления.

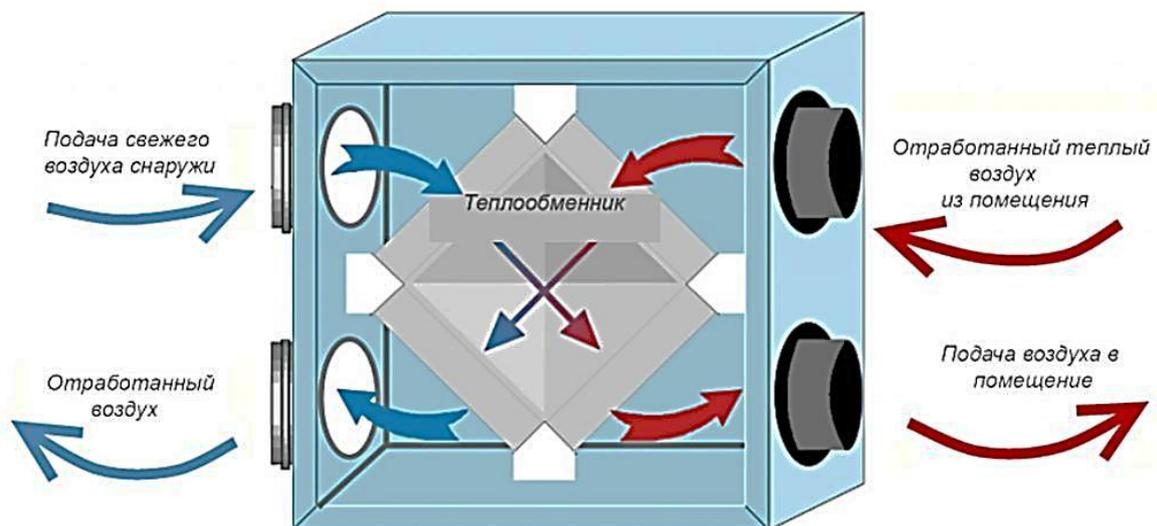


Рис. 1. Общий вид рекуператора

Наиболее распространены пластинчатые и роторные рекуператоры. [6]. В пластинчатом рекуператоре пересекаются воздушные потоки свежего и удаляемого воздуха без смешивания. Теплый вытяжной воздух нагревает стенки теплообменника, а стенки, в свою очередь, отдают тепло приточному воздуху. По данным различных источников, в среднем такие теплообменники обладают эффективностью до 50-80%. Пластинчатые рекуператоры просто устроены, поскольку не имеют подвижных частей и надежны в эксплуатации. У них отсутствуют дополнительные потребители электроэнергии, что является еще одним плюсом. К отрицательным моментам можно отнести склонность

данного вида рекуператора к обмерзанию при отрицательных температурах наружного воздуха. Это приводит к необходимости использования байпасного клапана, пускающего приточный воздух в обход теплообменника, пока тот размораживается вытяжным воздухом.

Принцип действия роторного рекуператора заключается в том, что воздушные потоки свежего и удаляемого воздуха проходят через роторный теплообменник, вращающийся с определенной скоростью, которую можно регулировать. Установление определенной скорости вращения приводит к изменению мощности отдачи теплоты. При работе рекуператора образуется конденсат, который частично возвращает влагу, благодаря чему температурно-влажностная обстановка в помещении становится более комфортной. Эффективность данного рекуператора составляет 75-90% и зависит от скорости вращения ротора. Однако из-за смешения потоков вытяжного воздуха, который может содержать вредные вещества, с чистым приточным воздухом, возникает необходимость применения дополнительных фильтров. Также недостатком является использование дополнительной электроэнергии для осуществления вращения теплообменника.

Больше всего энергии в торговом центре потребляют установки систем вентиляции и отопления. Для того чтобы посетители и работники, находящиеся в нем, чувствовали себя комфортно в любое время года, а энергозатраты были небольшими, можно установить рекуператор в приточно-вытяжные установки.

Произведем расчет экономической целесообразности применения приточно-вытяжных установок с рекуперацией тепла в здании торгового центра (рис. 2).

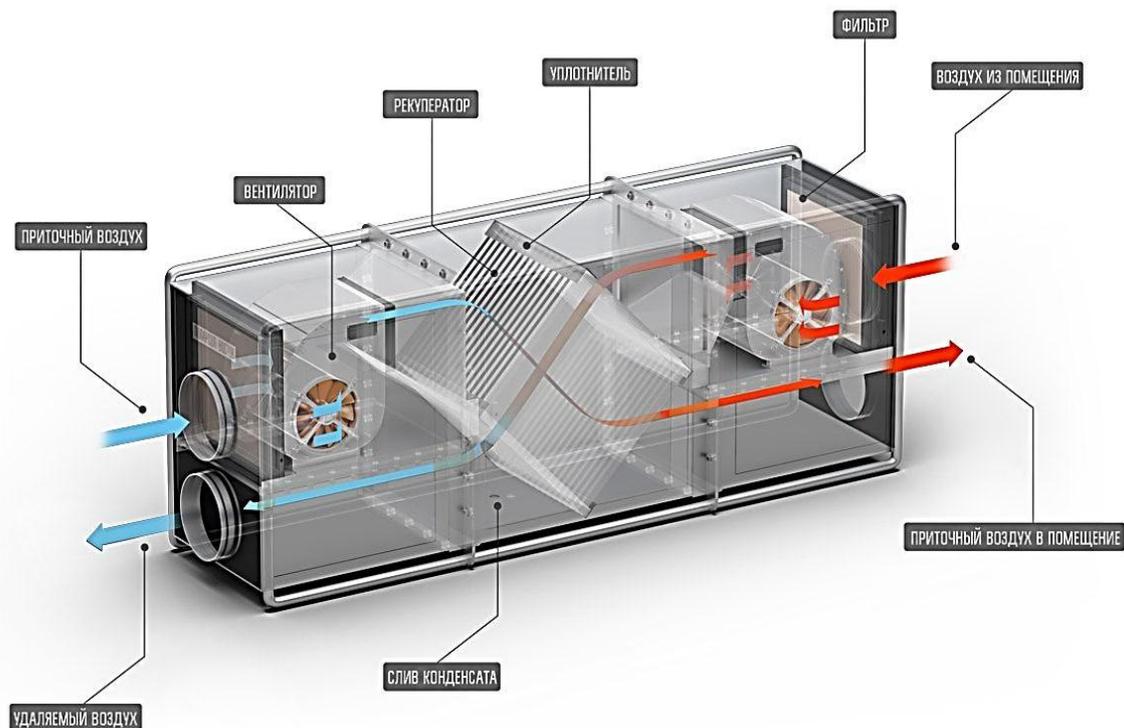


Рис. 2. Устройство приточно-вытяжной установки систем вентиляции с рекуперацией тепла

В качестве исходных данных принимаем приточно-вытяжную установку, обслуживающую семнадцать помещений разной площади, расположенных на первом этаже торгового центра, с расходом воздуха 30633 м<sup>3</sup>/ч. Энергопотребление этой установки рассчитывается по формуле:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (1)$$

где  $Q_1$  - электрическая мощность, потребляемая вентилятором с электроприводом, кВт. Принимается равной 13,2 кВт;

$Q_2$  - электрическая мощность, потребляемая воздушнонагревателем, кВт. Принимается равной 360 кВт;

$Q_3$  - электрическая мощность, потребляемая воздухоохладителем, кВт. Принимается равной 23,4 кВт.

Суммарная электрическая мощность установки составляет 396,6 кВт. Если учесть, что приточно-вытяжная вентиляция в торговом центре работает каждый день недели с начала открытия магазинов и до конца рабочего дня, то энергопотребление данной установки в месяц можно определить по формуле:

$$Q_m = Q \cdot n \cdot m \cdot k, \quad (2)$$

где  $Q$  - суммарная электрическая мощность установки, кВт;

$n$  - количество часов работы в день приточно-вытяжной установки, ч;

$m$  - количество дней в неделю работы приточно-вытяжной установки;

$k$  - количество недель в месяце работы приточно-вытяжной установки.

$$Q_m = 396,6 \cdot 12 \cdot 7 \cdot 4 = 133257,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

В настоящее время применение рекуператоров имеет большой спрос, следовательно, существует широкий выбор торговых компаний, производящих данные теплообменники. Для конкретного объекта строительства необходим особый подход к подбору оборудования, в зависимости от технологического процесса, протекающего в нем, а также индивидуальных потребностей людей. Поэтому при проектировании вентиляционных систем многофункциональных помещений больших объемов необходимо не только правильно подобрать теплообменник, но и разработать систему утилизации теплоты, работающей в оптимальном режиме [7].

Для примера используем пластинчатый рекуператор PR. Производитель сообщает, что снижение энергетических затрат за счёт использования теплоты вытяжного воздуха составит до 70%. Следовательно, приточно-вытяжная установка с рекуператором тепла будет потреблять примерно 39977,28 кВт·ч. При этом экономия энергетических затрат в месяц составит 93280,32 кВт·ч.

В городе Воронеже, согласно тарифу на электроэнергию, стоимость 1 кВт·ч составляет 4,63 руб. Приняв, что приточно-вытяжная установка работает в год 4032 часа, энергопотребление данной установки с рекуператором тепла можно вычислить по формуле:

$$Q_e = 0,3 \cdot Q \cdot f, \quad (3)$$

где  $Q$  - суммарная электрическая мощность установки, кВт;

$f$  - количество часов работы в год приточно-вытяжной установки, ч;

Таким образом энергопотребление составит 479727,4 кВт·ч. Эксплуатационные затраты тогда составят 2,221 млн. рублей.

С учетом сервисного обслуживания приточно-вытяжной установки 1 раз в год и замены фильтрующего элемента 1 раз в 3 месяца, содержание установки в год обойдется в среднем 13400 руб. (в ценах 2020 года). Прибавив эту сумму к энергетическим затратам за год, эксплуатация приточно-вытяжной установки с рекуператором тепла составит 2,235 млн. рублей, что на 5,183 млн. рублей меньше, чем при работе приточно-вытяжной вентиляции без встроенного рекуператора. Выгода применения рекуператора наглядно показана на рис. 3.

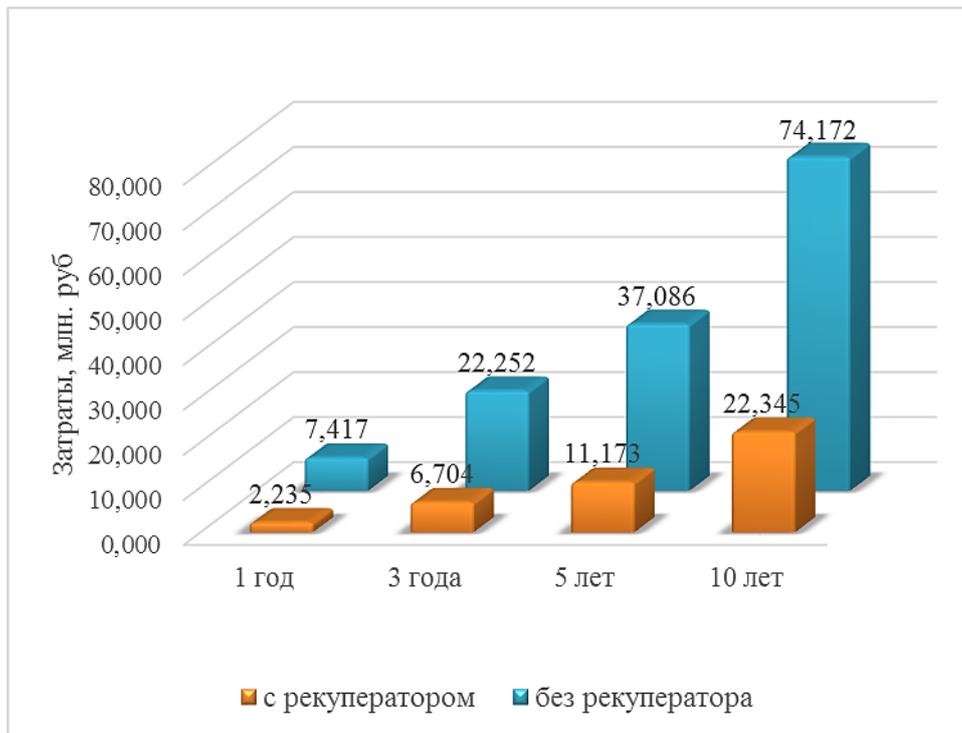


Рис. 3. График затрат на использование приточно-вытяжной установки с рекуператором тепла и без него

Расчеты показали, что при использовании рекуператора в системе вентиляции расходы на содержание торгового центра значительно уменьшаются.

В настоящее время из-за нехватки энергоресурсов, а также увеличения их стоимости, устройства, позволяющие экономить энергию, являются особенно важными и актуальными. Обосновано, что применение рекуператоров в приточно-вытяжных установках позволит не только уменьшить энергозатраты, но и снизить нагрузку на систему отопления в холодный период года. А в теплый период, когда необходимо охлаждать помещения с помощью специальных установок большой мощности, установка рекуператора сэкономит энергию, идущую на охлаждение. Таким образом, станет возможным применение установок меньшей мощности, которые не только стоят в разы дешевле, но и требуют меньше затрат на обслуживание.

#### Библиографический список

1. Богуславский, Л. Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справочное пособие / Л. Д. Богуславский [и др.]. – Москва: Стройиздат, 1990. – 624 с.
2. Белова, Е. М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях / Е. М. Белова. – Москва: Евроклимат, 2006. – 640 с.
3. Кокорин, О.Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК) / О.Я. Кокорин. – М.: Проспект, 1999. – С. 28–36.
4. Мелькумов, В.Н. Нестационарные процессы формирования системами вентиляции воздушных потоков в помещениях / В.Н. Мелькумов, С.Н. Кузнецов, А.В. Черемисин, К.А. Скляр // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. - 2007. - № 3-15. - С. 36-39.

5. Ватин, Н.И. Техничко-экономическое обоснование применения систем вентиляции с роторной рекуперацией тепла / Н. И. Ватин, М. В. Смотрякова; Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т, Инженерно-строит. фак. Каф. технологии, орг. и экономики стр-ва. - Санкт-Петербург: Изд-во СПбОДЗПП, 2003. - 75 с.

6. Мерщев, А. А. Рекуперация тепла в здании / А. А. Мерщев, И. П. Мерщев // Инженерные системы и сооружения. – 2013. – № 4. – С. 16-21.

7. Шичкин, В.В. Теплотехническое моделирование теплообменника системы рекуперации холодоносителя с переменным расходом воздуха / В. В. Шичкин, М. Н. Жерлыкина, К. В. Гармонов, С. А. Соловьев // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 2(13). – С. 46-56.

УДК 621.313.292

Воронежский государственный технический университет  
студент группы мЭП-201 факультета энергетики и систем управления  
Тамбовцев Д.Е.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +79204557446  
e-mail: detsteals@mail.ru

Voronezh State Technical University  
student of the group mEP-201 Faculty of Energy and Control Systems  
Tambovtsev D.E.  
Russia, Voronezh, tel.: +79204557446  
e-mail: detsteals@mail.ru

Воронежский государственный технический университет  
студент группы мЭП-201 факультета энергетики и систем управления  
Воротников Д.А.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +79204290929  
e-mail: vorotndima@gmail.com

Voronezh State Technical University  
student of the group mEP-201 Faculty of Energy and Control Systems  
Vorotnikov D.A.  
Russia, Voronezh, tel.: +7 9204290929  
e-mail: vorotndima@gmail.com

Воронежский государственный технический университет  
старший преподаватель кафедры электропривода, автоматизации и управления в технических системах  
Киселёва О.А.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +79081383916  
e-mail: kis.ola@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Senior Lecturer in the Department of Electrical Drive, Automation and Management in Technical Systems  
Kiseleva O.A.  
Russia, Voronezh, tel.: +79081383916  
e-mail: kis.ola@mail.ru

Д.Е. Тамбовцев, Д.А. Воротников, О.А. Киселёва

## ПРИМЕНЕНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ В МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЯХ С БЕСКОНТАКТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы замены электромеханических датчиков положения ротора и скорости на наблюдателях состояний в мехатронных модулях на базе бесконтактных двигателей постоянного тока. Управление скоростью в мехатронном модуле обеспечивается за счет определенного алгоритма переключения базовых пульсирующих векторов. Отказ от электромеханических датчиков требует восстановления сигналов обратной связи из-за частичной потери информации. Это восстановление возможно путем использования информации с датчиков токов и напряжения, находящихся в преобразователе и не требующих дополнительных соединительных проводов.

Ключевые слова: мехатронный модуль, бесконтактный двигатель постоянного тока, переменные состояния, наблюдатель состояния.

D.E. Tambovtsev, D.A. Vorotnikov, O.A. Kiseleva

## USE OF STATE OBSERVERS IN MECHATRONIC MODULES WITH DCLESS POWERLESS ENGINES

Introduction. The paper discusses the replacement of electromechanical sensors on the position of the rotor and speed on state observers in mechatronic modules based on DC contactless engines. Speed control in the mechatronic module is provided by a specific algorithm for switching basic pulsating vectors. The abandonment of electromechanical sensors requires the restoration of feedback signals due to the partial loss of information. This recovery is possible by using information from the tocs and voltage sensors in the converter and without requiring additional connecting wires.

Keywords: mechatronic module, DC contactless engine, variable states, state observer.

Применение электромеханических датчиков обратной связи позволяют добиться высокой точности отработки управляющих сигналов в мехатронных модулях, но требуют дополнительных соединительных проводов и снижают надежность за счет дополнительных устройств, увеличивая габариты и вес модуля. При монтаже могут возникнуть дополнительные проблемы, связанные с установкой модуля из применения электромеханических датчиков, поэтому в настоящее время отдают предпочтение бездатчиковой системе управления.

Основными преимуществами мехатронных модулей с бесконтактными двигателями постоянного тока (БДПТ) являются [1]:

- отсутствие скользящих электрических контактов;
- высокая надежность;
- перегрузочная способность, то есть возможность обеспечивать кратковременно кратность максимального момента до пяти;
- быстродействие;
- высокие энергетические показатели.

Для восстановления координат обратной связи можно использовать уравнения для описания связи мехатронного модуля и электрической части двигателя, а также ротора двигателя с механической частью устройства.

Для описания электрической части двигателя необходимо учесть:

$L_q, L_d$  — индуктивности осей  $q$  и  $d$ ;

$R$  — сопротивление статора;

$I_q, I_d$  — электрические токи осей  $q$  и  $d$ ;

$v_q, v_d$  — разности потенциалов осей  $q$  и  $d$ ;

$\omega_r$  — скорость ротора;

$\Psi$  — амплитуду потокосцепления, индуцированного постоянными магнитами ротора в обмотках статора;

$p$  — число пар полюсов;

$M_{эм}$  — электромагнитный момент.

Уравнения примут вид

$$\begin{aligned} \frac{di_d}{dt} &= \frac{1}{L_d} u_d - \frac{R}{L_d} i_d + \frac{L_q}{L_d} \cdot p \cdot \omega \cdot i_q; \\ \frac{di_q}{dt} &= \frac{1}{L_q} u_q - \frac{R}{L_q} i_q + \frac{L_d}{L_q} \cdot p \cdot \omega \cdot i_d - \Psi \cdot p \cdot \omega; \\ M_{эм} &= 1,5 \cdot p \cdot (\Psi i_q + (L_d - L_q) i_q i_d). \end{aligned} \quad (1)$$

Уравнения механической части, выраженные в системе координат ротора ( $d$   $q$  система координат) с учетом суммарной инерции ротора и нагрузки  $J$ , сил трения  $F$  и момента нагрузки на валу  $M_n$  будет иметь вид

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_{эм} - F\omega - M_n); \quad (2)$$

При отказе от электромеханических датчиков положения ротора и скорости необходимо восстановить потерянную информацию в цепи обратной связи с помощью наблюдателя состояний. При восстановлении координат будем предполагать, что активные и индуктивные сопротивления известные величины для выбранного двигателя. Ошибка наблюдения за магнитным потоком в синхронном двигателе зависит от ошибки оценивания неизвестных параметров, а так же от точности измерения токов и напряжений.

Для создания рабочего кругового вращающегося поля добиваются его непрерывности и минимальных пульсаций [2, 3], при этом создавая в процессе управления дискретное вращающееся поле [4]. Для восстановления недостающей информации о состоянии мехатронного модуля требуется информация, полученная после аналого-цифрового преобразователя (АЦП) сигнала. Такое преобразование создает запаздывание сигнала и снижает чувствительность электромагнитного момента [5].

Особенностью построения модулей на базе БДПТ является периодичность процессов при переключении базовых векторов при формировании дискретного поля [6, 7].

На рисунке 1 показаны графики изменения расчетной выходной скорости с помощью наблюдателя состояния при изменении сигнала задания. Расчеты были проведены как с использованием детектора полного оборота, так и без него.

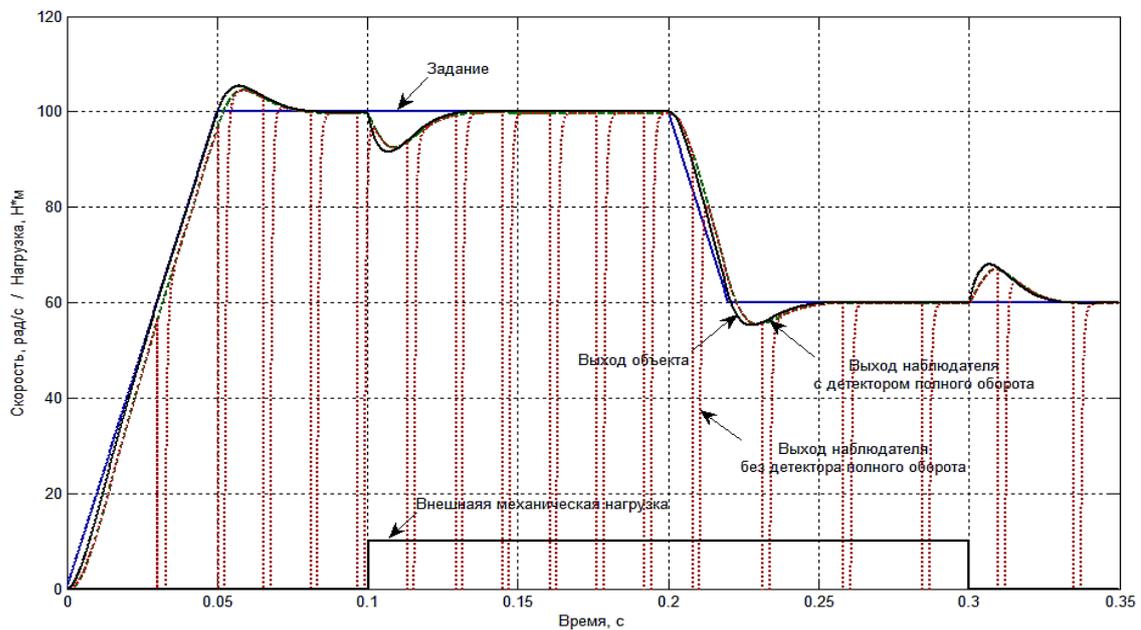


Рис. 1. Графики расчетной выходной скорости с помощью наблюдателя состояния

Показатели качества переходного процесса показаны в таблице:

Показатели качества переходного процесса в мехатронном модуле с БДПТ

Показатель качества переходного процесса	Вид эксперимента			
	Выход на номинальную частоту вращения	Подключение нагрузки	Изменение заданной частоты вращения	Отключение нагрузки
Динамическая ошибка регулирования, $\Delta$	8 рад/с	10 рад/с	8 рад/с	10 рад/с
Время регулирования, $t_{\text{рег}}$	0,02 с	0,02 с	0,02 с	0,02 с
Перерегулирование	8 %	0 %	8 %	0 %
Колебательность (отношение амплитуды третьего колебания к амплитуде первого)	0 %	0 %	0 %	0 %

Исследование мехатронного модуля с БДПТ проводилось с использованием пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора скорости с различными настроечными коэффициентами. Для обеспечения переходного процесса близкого к аperiodическому режиму были получены параметры настройки:

- для пропорционального регулятора  $K_p = 1$ ;
- для интегрального регулятора  $K_i = 100$ .

Анализ влияния параметров настройки ПИ – регулятора показал, что в данной системе:

- увеличение параметров приводит к возникновению колебательности и увеличению перерегулирования;

- уменьшение параметров к увеличению времени регулирования;
- время регулирования увеличивается в системе с ПИ-регулятором, по сравнению с использованием П-регулятора;
- интегральная составляющая регулятора позволяет компенсировать статическую ошибку обработки управляющих сигналов исследуемого модуля.

Анализируя график, приведенный на рисунке 1, можно отметить, что при увеличении скорости без нагрузки и в момент отключения нагрузки возникают перерегулирования в переходных характеристиках, поэтому имеет смысл комбинировать структуру регуляторов скорости для получения оптимальных переходных процессов, как под нагрузкой, так и на холостом ходу.

#### Библиографический список

1. Киселёва О.А. Преимущество применения бесконтактных линейных двигателей в портальных станках/ О.А. Киселёва, Т.В. Попова, Д.Е. Тамбовцев//В книге: Перспективные научные разработки (ПНР-2020). Труды II Всероссийской научно-технической конференции. 2020. С. 13-15.
2. Винокуров С.А. Выбор критериев конструирования мехатронных модулей на базе бесконтактного двигателя постоянного тока/ С.А. Винокуров, В.Е. Букатова, О.А. Киселева//Электротехнические комплексы и системы управления. 2007. № 1. С. 15-18.
3. Киселёва О.А. Адаптивная система управления в электромеханическом комплексе с бесконтактным двигателем постоянного тока/ О.А. Киселёва, Н.И. Рубцов, Д.Д. Киселёва, Н.И. Гриненко, А.П. Чалая//В сборнике: Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. Материалы XXIV международной научно-практической конференции. Morrisville, 2020. С. 153-155.
4. Киселёва О.А. Особенности управления дискретным вращающимся полем в электроприводе с бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А.Киселёва, С.А.Винокуров, Т.В.Попова, Д.Д.Киселёва. В сборнике: Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Материалы XXIII международной научно-практической конференции. Morrisville, 2020. С.69-71.
5. Киселёва О.А. Неполная обратная связь в системах с бесконтактными двигателями постоянного тока/ О.А. Киселёва, Т.В. Попова//В сборнике: Интеллектуальные информационные системы. 2012. С. 69-70.
6. Киселёва О.А. Дискретный эквивалент идеальному векторному управлению бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А. Киселёва, С.А. Винокуров, Т.В. Попова//Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1 (16). С. 16.
7. Киселёва О.А. Оценка влияния силовых импульсов инвертора на характеристики бесконтактных двигателей постоянного тока/О.А. Киселёва, Н.И. Рубцов, Д.Д. Киселёва, Д.Ф. Рощупкин, Н.И. Гриненко//В сборнике: Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки. Материалы XXIV международной научно-практической конференции. Morrisville, 2020. С. 155-157.
8. Киселёва Д.Д. Чувствительность электромагнитного момента в системе с бесконтактным двигателем постоянного тока/Д.Д. Киселёва, Н.И. Рубцов, С.А. Винокуров//Студент и наука. 2020. № 4 (15). С. 33-36.

УДК 621.313.292

Воронежский государственный технический университет  
студентка группы БУТС-201 факультета энергетики и систем управления  
Киселёва Д.Д.

Россия, г. Воронеж, тел.: 89529510423  
e-mail: kis.daria02@mail.ru

Воронежский государственный технический университет  
студентка группы БУТС-201 факультета энергетики и систем управления

Гриненко Н.И.  
Россия, г. Воронеж, тел.: 89304181294  
e-mail: nikita.grinenko@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

доцент кафедры

Винокуров С.А.

Россия, г. Воронеж, тел.: 89507573560  
e-mail: stvinokurov@rambler.ru

Voronezh State Technical University  
student of the Group bUTS-201 Faculty of Energy and Control Systems

Kiseleva D.D.  
Russia, Voronezh, tel.: 89529510423  
e-mail: kis.daria02@mail.ru

Voronezh State Technical University  
student of the Group bUTS Faculty of Energy and Control Systems

Grinenko N.I.  
Russia, Voronezh, tel.: 89304181294  
e-mail: nikita.grinenko@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Associate Professor of the Department

Vinokurov S.A.

Russia, Voronezh, tel.: 89507573560  
e-mail: stvinokurov@rambler.ru

Д.Д. Киселёва, Н.И. Гриненко, С.А. Винокуров

## УПРАВЛЕНИЕ ДИСКРЕТНЫМ ВРАЩАЮЩИМСЯ ПОЛЕМ БЕСКОНТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ПОЗИЦИОННО - СЛЕДЯЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аннотация. В работе рассматривается позиционно-следающая электромеханическая система с бесконтактным двигателем постоянного тока, которая должна обеспечивать заданную точность и быстродействие. В таких системах можно использовать векторное управление и регуляторы скорости с переменной структурой. Показано, что применение датчиков положения ротора с большим числом меток за один оборот расширяет нижнюю границу диапазона регулирования, но усложняет работу на верхней границе, поэтому в таких системах желательно использовать наблюдатели состояния для восстановления выходных координат.

Ключевые слова: позиционно-следающая система, бесконтактный двигатель постоянного тока, наблюдатель состояния, скользящие режимы работы.

D.D. Kiseleva, N.I. Grinenko, S.A. Vinokurov

## CONTROL OF THE DISCRETE ROTATING FIELD OF THE CONTACTLESS DC ENGINE IN POSITIONAL - WATCHING ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

Introduction. The work considers a positional-tracking electromechanical system with a non-contact DC engine, which should provide the specified accuracy and speed. In such systems, you can use vector control and speed controllers with a variable structure. It is shown that the use of rotor position sensors with a large number of marks per turn extends the lower boundary of the regulatory range, but complicates the work at the upper boundary, so in such systems it is desirable to use state observers to restore the output coordinates.

Keywords: positional tracking system, DC contactless engine, state observer, sliding modes of operation.

Позиционно - следающие электромеханические системы (ПС ЭМС) с бесконтактными двигателями постоянного тока (БДПТ) должны обеспечить заданную точность и быстродействие при обработке управляющего сигнала, который изменяется по произвольному закону. При этом необходимо обеспечивать для объекта регулирования заданные ограничения по максимальному ускорению и рывку, который определяется как первая производная от ускорения.

При разработке таких систем часто возникают противоречивые требования, что делает задачу сложной для обеспечения требуемых критериев. Особый интерес представляют следующие системы с БДПТ, работающие в режимах, когда внешнее задающее воздействие непредсказуемое, когда интерполяция сигнала задания, которую применяют в системах программного управления, принципиально невозможна [1]. Дополнительная задача позиционирования с заданной точностью дополнительно усложняет задачу разработки систем управления для СП ЭМС.

Ограничение динамических усилий, плавное формирование изменения движущего электромагнитного момента с ограничением ускорения основная задача при проектировании ПС ЭМС с БДПТ. Для получения требуемых показателей качества, таких как динамическая и статическая точности слежения и быстродействие в условиях изменения внешней среды в первую очередь требуется анализа особенностей построения таких систем с позиции формирования следящего оптимального управления. Для этого поиск экстремума ведут, используя скалярное или векторное управления по критерию, обеспечивающему заданные показатели качества.

Рассмотрим ПС ЭМС, функционирование которых делят на три режима:

- МОК – режим малых отклонений;
- СОК – режим средних отклонений;
- БОК – режим больших отклонений.

В ПС ЭМС используют управление с учетом профиля скорости, процесс движения от точки к точке состоит из трех этапов, а именно, разгон, движение с постоянной скоростью и торможение. В некоторых режимах торможения и разгона используют задатчики интенсивности нарастания скорости, это связано с изменением динамического момента, которой зависит от первой производной по ускорению.

Профиль скорости в таких случаях – трапецеидальный, а это значит, на границе смены режимов происходит скачкообразное изменение ускорения, которое влияет на качество переходного процесса

В современных преобразователях частоты добиваются того, чтобы в профиле скорости не было скачкообразного изменения ускорения, используя для этого S-образную форму. Время позиционирования в режимах СОК и БОК зависит от величины отклонения, поэтому ПС ЭМС с БДПТ можно рассматривать в этих режимах как нелинейную систему.

При разработке таких систем необходимо использовать методы построения оптимальных систем, при этом использовать все выявленные положительные свойства построения систем управления БДПТ [2, 3].

Возможность построения «квазиоптимальных» систем, которые обладают более простой реализацией, а также «грубостью» к вариациям параметров БДПТ и режимам работы объекта, позволяют реализовать следящую ЭМС соответствующего качества. Для этого используют нелинейные корректирующие звенья, которые позволяют улучшить точность и быстродействие следящей системы. Нелинейные регуляторы могут вместо управляющего сигнала по отклонению формировать [4, 5]:

- нулевые сигналы;
- сигналы максимально возможной амплитуды.

Эти регуляторы хорошо выполняют свои функции в следящих системах с БДПТ при векторном управлении. Процесс векторного управления строится на чередовании пульсирующих векторов, состоящих из базового вектора, амплитуда которого определена напряжением питания силового инвертора, и нулевого вектора, амплитуда которого равна нулю, но при не нулевых начальных условиях, он создает токовое рабочее вращающее поле. К таким системам можно отнести релейные системы, которые оптимизируют по критерию быстродействия.

Системы с переменной структурой, в которой связи зависят от конкретного текущего состояния, могут обеспечить скользящий режим работы. Это возможно обеспечить за счет переключения неустойчивых структур (рабочих базовых векторов, при углах между полями

ротора и статора больше 90 градусов) добиться заданного движения рабочей точки по специальной траектории с реализацией скользящего режима.

Сформированное векторное управление за счет пульсирующих базовых векторов теоретически не должно зависеть от параметров и режимов функционирования объекта управления. Практически, даже частичное приближение к идеальным режимам, может существенно повысить качество следящей системы.

В ПС ЭМС с БДПТ можно сформировать локально-оптимальные режимы работы. Например, вопрос быстрого действия можно решить введением релейного режима:

- в режиме увеличения скорости обеспечивается поочередная коммутация базовых векторов, без формирования пульсирующих (отсутствуют нулевые вектора);

- в режиме уменьшения скорости можно использовать несколько различных режимов.

Режимы торможения можно формировать на базе одного нулевого вектора или обеспечить режим противовключения, то есть активизировать такой базовый вектор, который создаст электромагнитный момент, обеспечивающий тормозящий эффект.

Каждый базовый вектор обладает своей пространственной эффективностью в зависимости от пространственного положения полей ротора и статора [6, 7]. Резкое торможение способно вызывать рывки, которые определяются как первая производная от ускорения, в работе системы или причинить вред оборудованию.

Динамическую часть ПС ЭМС с БДПТ можно описать уравнениями:

$$U \cdot k = (R + nR_{дон}) \cdot i + L \frac{di}{dt} + C_e \omega \cos(\omega t + \frac{\alpha_K}{2} + \Theta_i), \quad (1)$$

где  $U$  - напряжение питания;

$\omega$  - угловая частота вращения;

$i$  - рабочий ток;

$L$  - индуктивность двигателя;

$\alpha_K$  - угол сигнального сектора;

$\Theta_i$  - угол между полями ротора и статора;

$C_e$  - коэффициент противо ЭДС;

$R$  - эквивалентное активное сопротивление;

$R_{дон}$  - дополнительное активное сопротивление, которое можно подключить в режиме динамического торможения БДПТ;

$k = (0; 1)$  (в двигательном режиме  $k$  равен единице, в режиме динамического торможения нулю, а в режиме противовключения – минус единице);

$n$  - коэффициент, определяющий состояние динамической части (при  $n$  равным нулю дополнительное сопротивление не подключается).

Уравнение

$$J \frac{d\omega}{dt} = C_M i \cos(\omega t + \frac{\alpha_K}{2} + \Theta_i) - M_H, \quad (2)$$

где  $J$  - момент инерции двигателя;

$C_M$  - коэффициент двигателя;

$M_H$  - момент нагрузки.

Угол поворота ротора со скоростью связан уравнением

$$\varphi = \int \omega dt, \quad (3)$$

где  $\varphi$  - угол поворота ротора БДПТ.

При проектировании ПС ЭМС с БДПТ применение датчика положения ротора с большим числом меток на один оборот позволяет расширить нижнюю границу диапазона, но с другой стороны усложняет работу на верхней границе из-за высокой частоты импульсов обратной связи.

Применение векторного импульсного управления в БДПТ, базирующегося на квантованиях сигналов, как по времени, так и по уровню, периодичность процессов при переключении базовых векторов открывают новые возможности для создания ПС ЭМС, которые бы удовлетворяли требуемым параметром не только по статическим и динамическим характеристикам, но и массо - габаритным показателям.

Особый интерес представляют позиционно-следающие системы с наблюдателями состояния в цепи обратной связи, которые по математической модели восстанавливают выходные координаты.

#### Библиографический список

1. Киселёва Д.Д. Чувствительность электромагнитного момента в системе с бесконтактным двигателем постоянного тока/Д.Д. Киселёва, Н.И. Рубцов, С.А. Винокуров//Студент и наука. 2020. № 4 (15). С. 33-36.
2. Винокуров С.А. Применение энергосберегающего управления в электроприводе с бесконтактными двигателями постоянного тока для транспортного средства/С.А. Винокуров, О.А. Киселёва, Д.Д. Киселёва//В сборнике: Прогрессивные технологии и процессы. Сборник научных статей 7-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Курск, 2020. С. 31-34.
3. Винокуров С.А. Вариации импульсного управления бесконтактным двигателем постоянного тока/С.А. Винокуров, О.А. Киселёва, Т.В. Попова//Энергия - XXI век. 2016. № 1 (93). С. 53-59.
4. Киселёва О.А. Формирование инвертором процесса перехода базовых векторов в электромеханической системе с бесконтактным двигателем постоянного тока /О.А. Киселёва, Н.И. Рубцов, Н.И. Гриненко, Д.Д. Киселёва, К.И. Чеботок// В сборнике: Фундаментальная наука и технологии. Материалы XXIV международной научно-практической конференции. North Charleston, USA, Morrisville, 2020. С.70-72.
5. Винокуров С.А. Применение наблюдателей состояния в электроприводах с бесконтактными двигателями постоянного тока/С.А. Винокуров, О.А. Киселёва, Н.И. Рубцов//В книге: Перспективные научные разработки (ПНР-2020). Труды II Всероссийской научно-технической конференции. 2020. С. 19-21.
6. Винокуров С.А. Идеальное векторное управление бесконтактным двигателем постоянного тока/ С.А. Винокуров, О.А. Киселёва, Т.В. Попова//Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1 (16). С. 13.
7. Киселёва О.А. Особенности управления дискретным вращающимся полем в электроприводе с бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А. Киселёва, С.А. Винокуров, Т.В. Попова, Д.Д. Киселева//В сборнике: Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Материалы XXIII международной научно-практической конференции. North Charleston, USA, Morrisville, 2020. С. 69-71.

УДК 621.313.292

Воронежский государственный технический университет  
студентка группы БУТС-201 факультета энергетики и систем управления  
Киселёва Д.Д.

Россия, г. Воронеж, тел.: 89529510423  
e-mail: kis.daria02@mail.ru

Воронежский государственный технический университет  
студент группым мЭП-201 факультета энергетики и систем управления  
Тузи́ков И.Г.

Россия, г. Воронеж, тел.: 89204018674  
e-mail: ivan\_tuzikov@mail.ru

Воронежский государственный технический университет  
доцент кафедры  
Винокуров С.А.

Россия, г. Воронеж, тел.: 89507573560  
e-mail: stvinokurov@rambler.ru

Voronezh State Technical University  
student of the Group bUTS-201 Faculty of Energy and Control Systems  
Kiseleva D.D.

Russia, Voronezh, tel.: 89529510423  
e-mail: kis.daria02@mail.ru

Voronezh State Technical University  
student of the Group mEP-201 Faculty of Energy and Control Systems  
Tuzikov I.G.

Russia, Voronezh, tel.: 89204018674  
e-mail: ivan\_tuzikov@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Associate Professor of the Department  
Vinokurov S.A.

Russia, Voronezh, tel.: 89507573560  
e-mail: stvinokurov@rambler.ru

Д.Д. Киселёва, И.Г. Тузи́ков, С.А. Винокуров

## ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ НА НИЗКИХ СКОРОСТЯХ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С БЕСКОНТАКТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Аннотация. В работе рассматривается электромеханическая система с бесконтактным двигателем постоянного тока, работающая на низких частотах. В таких системах возникают дополнительные колебания электромагнитного момента за счет собственных колебаний двигателя. Оптимизация параметров двигателя уменьшает эти колебания, но не решает эту проблему. Информацию о колебаниях можно получить с помощью наблюдателя состояния, который установлен в цепи обратной связи. Значение угла между полем ротора и статора в момент переключения базовых векторов влияет на момент пуска и может привести к эффекту «залипания» ротора в магнитном поле и запуск системы в этом случае невозможно обеспечить.

Ключевые слова: электромеханическая система, бесконтактный двигатель постоянного тока, низкие скорости, наблюдатель состояния.

D.D. Kiseleva, I.G. Tuzikov, S.A. Vinokurov

## SPECIAL CONTROL AT LOW SPEEDS IN ELECTROMECHANICAL SYSTEMS WITH CONTACTLESS DC ANNOTATION

Introduction. The work examines an electromechanical system with a dcless contactless engine operating at low frequencies. In such systems there are additional fluctuations of the electromagnetic moment due to their own engine fluctuations. Optimizing the engine parameters reduces these fluctuations, but does not solve the problem. The vibration information can be obtained with the help of a state observer, which is set in the feedback chain. The angle between the rotor field and the stator at the time of switching the base vectors affects the moment of launch and can lead to the effect of "sticking" the rotor in the magnetic field and the launch of the system in this case is impossible to provide. Keywords: electromechanical system, DC contactless engine, low speed, state observer.

Электромеханические системы с бесконтактными двигателями постоянного тока (БДПТ), которые работают в области низких скоростей, пульсация электромагнитного момента является одним из главных возмущающих воздействий. Тихоходные двигатели обладают большой ЭДС остаточной намагниченности из-за наличия постоянных магнитов в роторе, что приводит к увеличению пусковых токов и нагреву машины. Постоянные магниты ротора в исполнительном двигателе системы имеют неодинаковое магнитное сопротивление,

поэтому при изменении положения ротора относительно обмоток статора при разгоне и низких скоростях возникает дополнительный тормозной момент, который является причиной повышения момента при пуске и неравномерности вращения [1, 2].

Изменение угла  $\theta$  между полем ротора и статора может привести как к эффекту «залипания» ротора в магнитном поле или невозможности обеспечения режима пуска при условии

$$90^{\circ} < \theta < 180^{\circ}, \quad (1)$$

а при условии

$$0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}. \quad (2)$$

уменьшается пусковой момент.

Уравнение равноускоренного пуска в пределах одного сигнального сектора можно записать в виде:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = M_{max} \sin(p(\theta - \varphi)) - M_n, \quad (3)$$

где  $p$  - число пар полюсов;

$\varphi$  - угол поворота ротора;

$M_n$  - момент нагрузки;

$I$  - момент инерции;

$M_{max}$  - максимальный электромагнитный момент, развиваемый двигателем;

$\Theta$  - угол, между полем ротора и статора.

При некоторых значениях угла между полем ротора и статора  $\theta$  пуск становится невозможен, поэтому при разработке математической модели необходимо учитывать начальное положение ротора относительно поля статора, как в режиме холостого хода, так и под нагрузкой. Так же изменение параметров индуктивности от положения ротора в пространстве, реакцию якоря и тормозящий реактивный момент. В режиме разгона могут возникнуть колебания ускорения, за счет собственных колебаний двигателя, они также влияют на электромагнитный момент.

Проблема пульсаций электромагнитного момента решается в основном методами, которые основаны на оптимизации конструкции исполнительного двигателя, или на разработке и использовании методов управления, приводящих к снижению этих пульсаций.

Первый метод, применяемый для уменьшения этих пульсаций, осуществляется за счет скоса пазов, сдвига магнитов, применения специальных обмоток, профилирования постоянных магнитов, являются эффективными, но приводят к уменьшению электромагнитного момента и усложнению конструкции.

Метод, основанный на оптимизации работы системы управления ЭМС с БДПТ, базируется на применении различных модификаций векторного управления, которое можно осуществить с помощью локально-оптимального управления. Информацию о колебаниях электромагнитного момента в таких системах можно получить с помощью наблюдателя состояния электродвигателя.

Электрическая машина, которая используется в БДПТ – это синхронный двигатель с постоянными магнитами, спроектированный с учетом особенностей работы в системе с силовым инвертором и датчиками обратной связи в виде датчиком положения ротора и скорости, но в некоторых системах используется косвенное измерение выходных координат с помощью наблюдателей состояний.

В синхронном двигателе с возбуждением от постоянных магнитов на высоких скоростях нелинейные возмущения момента фильтруются инерционностью в ЭМС и не вызывают существенных пульсаций скорости.

При работе БДПТ в электромеханической системе на низких скоростях, в двигателе возникают возмущения за счет пульсации электромагнитного момента. Пульсации

оказывают большое влияние на точность обработки сигнала, особенно, когда время переключения базовых векторов соизмерима с электромагнитной постоянной времени.

Проектировщики электродвигателей с постоянными магнитами обеспечивают оптимизацию параметров самой машины, поэтому модернизация конструкции, которую необходимо провести для улучшения качества показателей пульсаций электромагнитного момента, влияет на сложность и стоимость изделия.

Для управления БДПТ используют различные модификации векторного управления. В основу этих модификаций заложена коммутация пульсирующих базовых векторов, чаще всего используются схемы с шестью базовыми векторами в трехфазных двигателях. Управление осуществляется пульсирующими базовыми векторами, которые состоят из ненулевого базового вектора определенной длительности, и нулевого вектора [3 - 5].

Нулевым вектором будем считать вектор, который формирует рабочее токовое поле при отключении напряжения питания от базового вектора, за счет накопленной электромагнитной энергии в обмотках электродвигателя и ЭДС, наводимой в этих обмотках. Пространственное положение нулевого вектора определяется базовым вектором. Сигнальным сектором будем считать угол поворота ротора между пространственным положением двух ближайших базовых векторов.

Рассмотрим процессы, протекающие за время прохождения ротором одного сигнального сектора, с условием того, что в системе нет возмущающих воздействий, кроме пульсации электромагнитного момента, создаваемого конструкцией электродвигателя и напряжением, которое формирует силовой инвертор.

Любое управление в этой электромеханической системе с БДПТ должно обеспечивать сведению к нулю ошибки, равной разности между вектором эталонной математической модели  $x_m$  и вектором состояния реальной системы, которые формируются датчиками или наблюдателем состояния  $x$ :

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t) - x_m(t)) = 0. \quad (4)$$

Пульсации электромагнитного момента создаются рабочим токовым вращающимся полем, которое является периодическим, причем частота периода определяется скоростью вращения, числом фаз и пар полюсов.

Рассмотрим случаи, когда электромагнитная постоянная времени соизмерима со временем прохождения сигнального сектора ротором. Время прохождения ротором сигнального сектора

$$T_0 = \frac{2\pi}{pm\omega}, \quad (5)$$

где  $p$  - число пар полюсов;

$m$  - число фаз;

$\omega$  - скорость вращения.

Электромагнитную постоянную времени можно определить из уравнения

$$Ri + L \frac{di}{dt} = U - e, \quad (6)$$

как  $T_{эм} = \frac{L}{R}$ .

Если величины  $T_0$  и  $T_{эм}$  соизмеримы, то с помощью наблюдателя состояния можно восстановить зависимость пульсации электромагнитного момента от угла в сигнальном секторе.

Для получения более точной зависимости электромагнитного момента от угла поворота ротора управления необходимо обеспечить за счет напряжения питания силового инвертора.

При таком условии будет формироваться только один базовый вектор, за время прохождения ротором сигнального угла. Напряжение питания инвертора для чистоты эксперимента можно использовать стабилизированное, тогда форма тока определить пульсации электромагнитного момента. БДПТ может работать только с замкнутой обратной связью, то есть при прямом или косвенном измерении положения ротора. Электромеханические датчики влияют на надежность и требуют дополнительных соединительных проводов. Переход к наблюдателям состояния позволяет восстановить необходимые координаты, требуемые для обеспечения управления.

Датчики токов, устанавливаются в инверторе, не требуют дополнительных соединительных проводов. Сигналы с этих датчиков несут информацию в аналоговом виде, которые необходимо преобразовать с помощью АЦП. Такое преобразование создает запаздывание, которое может привести к неустойчивой работе, так как в системе есть еще звенья с запаздыванием.

Экспериментально полученные зависимости рабочего токового поля (электромагнитного момента) от угла в сигнальном секторе можно использовать для формирования управляющей функции в следующем сигнальном секторе, используя прогнозирующее управление [6, 7].

Периодичность процессов, протекающих в электромеханической системе с БДПТ, открывает новые возможности применения прогнозирующего управления в каждом периоде, позволяющего решить вопросы, связанные с запаздыванием сигналов обратной связи.

Метод прогнозирующего управления содержит много различных подходов и алгоритмов управления, которые позволяют вычислить управляющую функцию путем оптимизации целевой функции в реальном времени при использовании математической модели объекта управления. Выбирается математическая модель, которая удовлетворяет требованиям этого процесса, с учетом начальных условий, которые определяются текущим состоянием объекта, затем выполняется интегрирование уравнений, что и дает прогноз движения объекта на некотором отрезке времени.

Оптимизация программного управления обеспечивается с учетом всех ограничений, которые наложены на регулируемые и управляющие воздействия. Управляющие сигналы, поступающее на инвертор, формируют дискретное вращающееся поле для двигателя. Эти сигналы формируются логической частью системы управления на основе входного сигнала с учетом критерия качества управления, ситуационных ограничений и измерений выходных величин (состояний системы), с учетом действующих возмущений.

Критерий качества управления чаще всего характеризуется набором критериев, назначение, физический смысл и математическое выражение которых определяются на стадии предварительного синтеза (либо при разработке технического задания на проектирование) с учетом целей, предназначения и особенностей технологического процесса при последующем использовании в электромеханической системе с БДПТ.

Уменьшение пульсаций электромагнитного момента при формировании дискретного вращающегося поля в БДПТ является актуальной задачей, особенно, при работе на низких скоростях. Эта проблема не только систем с БДПТ, такие пульсации проявляются как при использовании коллекторных двигателем постоянного тока, так и асинхронных двигателей в качестве исполнительных устройств электромеханических систем [7]. Особенность БДПТ является периодичность процессов при переходе от одного базового вектора к другому, а управлением – это формирование пульсирующего поля за время прохождения ротором определенного сигнального угла. Для трехфазного двигателя с двумя парами полюсов этот угол равен 60 градусам. Возможность получения информации о пульсации, которая создается периодически, причем, практически одинаковой при переходе от одного сигнального сектора к другому, позволяет сохранять эту информацию, как функцию от угла поворота ротора и учитывать при управлении в новом сигнальном секторе.

В электромеханической системе с БДПТ эту задачу можно решить за счет периодичности процессов в каждом сигнальном секторе и возможности определение угла

между полем ротора и статора.

#### Библиографический список

1. Винокуров С.А. Идеальное векторное управление бесконтактным двигателем постоянного тока/С.А. Винокуров, О.А. Киселёва, Т.В. Попова//Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1 (16). С. 13.
2. Винокуров С.А. Вариации импульсного управления бесконтактным двигателем постоянного тока// С.А. Винокуров, О.А. Киселёва, Т.В. Попова//Энергия - XXI век. 2016. № 1 (93). С. 53-59.
3. Киселёва О.А. Дискретный эквивалент идеальному векторному управлению бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А. Киселёва, С.А. Винокуров, Т.В. Попова// Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1 (16). С. 16.
4. Киселёва О.А. Особенности управления дискретным вращающим полем в электроприводе с бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А. Киселёва, С.А. Винокуров, Т.В. Попова, Д.Д. Киселёва//В сборнике: Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Материалы XXIII международной научно-практической конференции North Charleston, USA, Morrisville, 2020. С.69-71.
5. Киселёва О.А. Формирование оператора перехода в системе управления бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А. Киселёва, С.А. Винокуров, Д.Д. Киселёва, Д.Ф. Рощупкин// В сборнике: Наука в современном информационном обществе. Материалы XXIV международной научно-практической конференции. North Charleston, Morrisville. 2020 г. С.144-147.
6. Киселёва Д.Д. Чувствительность электромагнитного момента в системе с бесконтактным двигателем постоянного тока/Д.Д. Киселёва, Н.И. Рубцов, С.А. Винокуров//Студент и наука. 2020. № 4 (15). С. 33-36.
7. Киселёва О.А. Формирование инвертором процесса перехода базовых векторов в электромеханической системе с бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А. Киселёва, Н.И. Рубцов, Н.И. Гриненко, Д.Д. Киселёва, К.И. Чеботок// В сборнике: 21 век: Фундаментальная наука и технологии. Материалы XXIV международной научно-практической конференции. North Charleston, USA, Morrisville, 2020. С.70-72.

УДК 621.313.292

Воронежский государственный технический университет  
студентка группы мЭП-201 факультета энергетики и систем управления  
Саввин М.С.

Россия, г. Воронеж, тел.: 89521097337  
e-mail: m.savvin2810@gmail.com

Воронежский государственный технический университет  
студент группам мЭП-201 факультета энергетики и систем управления

Животков А.А.  
Россия, г. Воронеж, тел.: 89204575644  
e-mail: aa.zhivotkov@bk.ru

Воронежский государственный технический университет  
доцент кафедры  
Киселева О.А.

Россия, г. Воронеж, тел.: +79081383916  
e-mail:kis.ola@mail.ru

Voronezh State Technical University  
student of the Group mEP-201 Faculty of Energy and Control Systems  
Savvin M.S.

Russia, Voronezh, tel.: 89521097337  
e-mail: m.savvin2810@gmail.com

Voronezh State Technical University  
student of the Group mEP-201 Faculty of Energy and Control Systems  
Shchivotkov A.A.

Russia, Voronezh, tel.: 89204575644  
e-mail: aa.zhivotkov@bk.ru

Voronezh State Technical University  
Associate Professor of the Department  
Киселева О.А.

Russia, Voronezh, tel.: +79081383916  
e-mail:kis.ola@mail.ru

М.С. Саввин, А.А. Животков, О.А. Киселёва

## ВЛИЯНИЕ УГЛА КОММУТАЦИИ В БЕСКОНТАКТНОМ ДВИГАТЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА РАБОЧЕЕ КРУГОВОЕ ВРАЩАЮЩЕЕСЯ ПОЛЕ

Аннотация. В работе проводится анализ влияния угла коммутации базового вектора, формируемого в статоре относительно поля ротора, при создании рабочего кругового вращающегося поля в бесконтактном двигателе постоянного тока. Силовой инвертор, который питается от источника постоянного напряжения, формирует базовые векторы, сдвинутые в пространстве на определенный угол, зависящий от числа пар полюсов и фаз. Момент перехода от одного базового вектора к другому определяется системой управления по сигналам обратной связи о положении поля ротора в пространстве и токах, протекающих в обмотках статора. Учитывается, что ток в статоре не равен току, потребляемому от источника постоянного напряжения, к которому подключен инвертор.

Ключевые слова: бесконтактный двигатель постоянного тока, круговое вращающееся поле, инвертор, угол коммутации.

M.S. Savvin, A.A. Shchivotkov, O.A. Kiseleva

## THE EFFECT OF THE SWITCHING ANGLE IN THE CONTACTLESS DC ENGINE ON THE WORKING CIRCULAR ROTATING FIELD

Introduction. The work analyzes the impact of the switching angle of the base vector, formed in the stator relative to the rotor field, while creating a working circular rotating field in a contactless DC engine. The force inverter, which is powered by a source of constant voltage, forms a base vector, shifted in space to a certain angle, depending on the number of pairs of poles and phases. The moment of transition from one base vector to another is determined by the feedback signal management system about the position of the rotor field in space and currents running in the windings of the stator. It is taken into account that the current in the stator is not equal to the current consumed from the source of constant voltage to which the inverter is connected.

Keywords: DC contactless engine, circular rotating field, inverter, switching angle.

Поиски новых методов управления бесконтактными двигателями постоянного тока (БДПТ), обеспечивающие энергосберегающие режимы и требуемое качество регулирования, требуют исследования особенностей работы электроприводов с такими двигателями. Силовой инвертор формирует по сигналам системы управления импульсное пульсирующее поле в пространстве для создания кругового вращающегося поля [1, 2].

Поле формируется в статоре, поэтому его перемещение в пространстве можно обеспечить только за счет чередования базовых векторов, которые смещены относительно друг друга на заданный фиксированный угол. Изменение этого угла в процессе управления происходит только дискретно путем выбора базового вектора, а это значит, что переключение базовых векторов всегда кратно заданной величине сигнального сектора. В электроприводах с датчиком положения ротора этот сектор определяется расположением и функциями чувствительных элементов. Момент перехода от одного базового вектора к другому формируется системой управления на базе информации о положении поля ротора в пространстве, она может быть получена как с датчика положения ротора, так и с помощью наблюдателя состояния. Угол коммутации связан с полем, которое создается постоянными магнитами на роторе, и равен разности между полем статора и ротора в момент переключения базовых векторов [3].

При исследовании систем автоматического управления с БДПТ на первом месте стоит вопрос устойчивости её работы, это связано с тем, что в качестве исполнительного двигателя используется синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ), который может войти в колебательный режим при определенных условиях. СДПМ работает в рассматриваемом электроприводе на границе устойчивости, а это требует наличия, как местных, так и главных обратных связей.

Углом коммутации в БДПТ принято считать разность между пространственным положением базового вектора и вектором поля ротора. Перемещение вектора поля ротора определяется углом положения и частотой его вращения, а при постоянной скорости вращения описывается синусоидальной функцией с амплитудой, являющейся функцией частоты. Поле статора может меняться дискретно в пространстве при переключении базовых векторов или пульсировать, когда формируются нулевые вектора, причем, оставаясь в определенной дискретной точке пространства, так как статор неподвижен. Угол коммутации определяется для режима переключения базовых векторов.

В процессе регулирования в БДПТ переключение происходит на новый базовый вектор в синхронном режиме (угол между полем статора и ротора меньше 90 геометрических градусов), причем система вновь оказывается на границе неустойчивого режима (угол больше 90 градусов) и с помощью системы управления вновь обеспечивается синхронный режим.

Дискретное переключение базовых векторов оказывает влияние на рабочее токовое вращающееся поле, которое определяет электромагнитный момент, создаваемый в двигателе. Величина электромагнитного момента регулируется за счет изменения тока, протекающего в обмотках статора. На ток можно воздействовать с помощью выбора базовых векторов, перемещая их в пространстве (векторное управление) или формируя дополнительные нулевые вектора (широотно-импульсное управление).

Разделяя управление процессами в электроприводе с БДПТ для каждого базового вектора, можно за один оборот получить число режимов, равное произведению числа фаз на число пар полюсов. Самым определяющим среди них будет являться процесс перехода от одного базового вектора к другому, который в свою очередь будет зависеть от угла коммутации.

При наличии датчика положения ротора угол коммутации фиксированный, определяется положением чувствительных элементов относительно полюсов ротора. Для технологических процессов, в которых обычно используются электропривода с БДПТ, требуются высокоточные датчики, что значительно увеличивает стоимость и усложняют систему.

В настоящее время актуальным является вопрос косвенных измерений положения ротора двигателя в пространстве с помощью наблюдателей состояний [4].

Наиболее оптимальным в применении косвенного наблюдения в электроприводе с БДПТ является расположение датчиков непосредственного измерения в системе управления и инверторе (преобразователе частоты). К ним можно отнести датчики тока и датчики

напряжений, тогда информацию о положении ротора в пространстве можно восстановить косвенно (идентифицировать) по модели.

Вариантов моделей и различного вида наблюдателей параметров, которые не измеряются датчиками в процессе работы много различных типов. Каждый из них построен с учетом различных допущений и требует коррекции для используемого режима работы. Токи, которые протекают в фазах БДПТ, нужно рассматривать в двух режимах даже при работе с одним базовым вектором [5, 6]:

- режим подключения обмоток к источнику постоянного напряжения;
- режим «нулевого вектора», когда токи протекают в фазах за счет накопленной электромагнитной энергии.

Для анализа этих режимов наиболее наглядным является операторный метод расчета электрических схем, так как в операторной схеме замещения можно учесть ток, который протекал до коммутации. На рисунке 1 приведена операторная схема замещения при подключении фаз к источнику с помощью инвертора, на рисунке 2 при отключении напряжения от фаз двигателя.

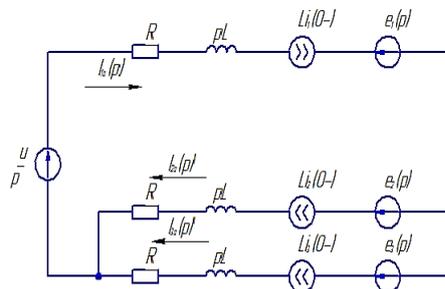


Рис. 1. Операторная схема замещения цепи при подключении базового вектора

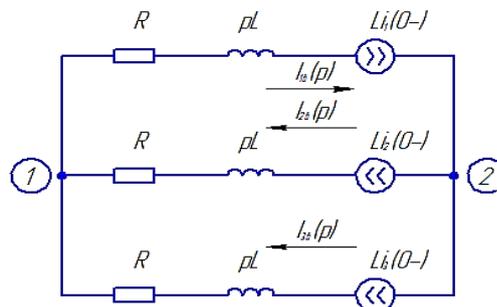


Рис. 2. Операторная схема замещения при нулевом базовом векторе (отключении напряжения питания инвертора от фаз двигателя)

Момент троганья ротора БДПТ определяется из условия  $\frac{d\omega}{dt} > 0$ . Для обеспечения

$\frac{d\omega}{dt} > 0$  необходимо учитывать, что могут возникнуть ограничения, так как электромагнитный момент является функцией угла  $\theta$  между полем ротора и статора

$$\mu_{эм}(t, \theta) = C_M \cdot i_1(t) \cdot \sin \theta, \quad \text{а } i_1(t) \leq i_{\max}. \quad (1)$$

Значит, за время существования базового импульса максимальный электромагнитный момент может быть достигнут только при угле  $\theta = 90^\circ$ :

$$\mu_{эм}(T_{II}, \theta) = C_M \cdot i_{\max} \cdot \sin \theta, \quad (2)$$

откуда

$$C_M \cdot i_{\max} \cdot \sin \theta - \mu_H \geq 0. \quad (3)$$

Условие (3) может не выполняться для первого базового импульса, в связи с тем, что угол между полем ротора и статора  $\theta$  может изменяться в большом диапазоне и за время существования импульса угол не примет значение, равное  $90^0$ .

Процессы, протекающие в электрической машине, которая является составной частью БДПТ, нельзя рассматривать, как это делают в синхронном двигателе с фиксированным углом между полем статора и ротора, так как оба поля изменяются по синусоидальному закону с заданным сдвигом по фазе [7].

Обычно этот угол считают постоянным только в моменты переключения базовых векторов. Это связано с тем, что поле, которое формируется инвертором в статоре двигателя дискретное, с квантованием по уровню (переключение базовых векторов в пространстве) и по времени переключения. Время переключения определяется углом коммутации, который равен разности между полем статора и ротора. Информацию о положении ротора можно получить в электромеханических системах с БДПТ как с помощью датчиков скорости и положения ротора, так и косвенным путём используя, различные наблюдатели состояния.

### Библиографический список

1. Киселёва О.А. Особенности управления дискретным вращающим полем в электроприводе с бесконтактным двигателем постоянного тока/ О.А. Киселёва, С.А. Винокуров, Т.В. Попова, Д.Д. Киселёва. В сборнике: Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Материалы XXIII международной научно-практической конференции. Morrisville, 2020. С.69-71.

2. Киселёва О.А. Адаптивная система управления в электромеханическом комплексе с бесконтактным двигателем постоянного тока/ О.А. Киселёва, Н.И. Рубцов, Д.Д. Киселёва, Н.И. Гриненко, А.П. Чалая//В сборнике: Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. Материалы XXIV международной научно-практической конференции. Morrisville, 2020. С. 153-155.

3. Букатова В.Е. Исследование влияния угла коммутации и углового фазового сдвига на динамические характеристики бесконтактного двигателя постоянного тока/ В.Е. Букатова, С.А. Винокуров, О.А. Киселева//Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 2. С. 155-158.

4. Киселёва О.А. Неполная обратная связь в системах с бесконтактными двигателями постоянного тока/ О.А. Киселёва, Т.В. Попова//В сборнике: Интеллектуальные информационные системы. 2012. С. 69-70.

5. Киселёва О.А. Формирование инвертором процесса перехода базовых векторов в электромеханической системе с бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А. Киселёва, Н.И. Рубцов, Н.И. Гриненко, Д.Д. Киселёва, К.И. Чеботок//В сборнике: 21 век: фундаментальная наука и технологии. Материалы XXIV международной научно-практической конференции . 2020. С. 70-72.

6. Киселёва О.А. Дискретный эквивалент идеальному векторному управлению бесконтактным двигателем постоянного тока/О.А. Киселёва, С.А. Винокуров, Т.В. Попова//Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1 (16). С. 16.

7. Киселёва Д.Д. Чувствительность электромагнитного момента в системе с бесконтактным двигателем постоянного тока/Д.Д. Киселёва, Н.И. Рубцов, С.А. Винокуров//Студент и наука. 2020. № 4 (15). С. 33-36.

УДК 624.012

Воронежский государственный технический университет  
студент группы мВЭЗ-201 факультета инженерных систем и сооружений  
Драпалюк М.А.  
Россия, г. Воронеж  
Воронежский государственный технический университет  
ассистент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
Дудкина Е.Ю.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92  
e-mail: anikdud78@mail.ru  
Воронежский государственный технический университет  
канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
Драпалюк Д.А.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92  
e-mail: drapaluyk@yandex.ru

Voronezh State Technical University  
Student of group mVEZ-201 faculty of engineering systems and structures  
Drapaliuk M.A.  
Russia, Voronezh

Voronezh State Technical University  
Assistant of the department of housing and communal services  
Doudkina E.Yu.  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-28-92  
e-mail: anikdud78@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Candidate of technical sciences, senior lecturer of faculty housing and municipal services  
Drapaliuk D.A.  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-28-92  
e-mail: drapaluyk@yandex.ru

М.А. Драпалюк, Е.Ю. Дудкина, Д.А. Драпалюк

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПО КОНТРОЛЮ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОГНУТОЙ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Аннотация. Известно, что сжатые элементы входят в состав всех строительных конструкций. К примеру, в решётчатых конструкциях, таких как стропильные раскосные фермы, при действии узловой нагрузки одни элементы испытывают растяжение, другие - сжатие. Имеется ряд конструкций, которые при определённых условиях могут полностью испытывать сжатие - это колонны, кирпичные столбы, несущие внутренние стены, выполненные из кирпичной кладки или железобетона, и др.

Ключевые слова: изогнутая арматура, железобетонные элементы, расчет сжатых железобетонных элементов, арматурный каркас.

М.А. Drapaliuk, E.Yu. Doudkina, D.A. Drapaliuk

## ANALYSIS OF THE STATE OF THE ISSUE ON THE CONTROL OF WORKS USING CURVED REINFORCEMENT IN REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

Introduction. It is known that compressed elements are part of all building structures. For example, in lattice structures, such as slant trusses, under the action of a nodal load, some elements experience tension, others-compression. There are a number of structures that, under certain conditions, can fully experience compression - these are columns, brick pillars, bearing internal walls made of brickwork or reinforced concrete, etc.

Keywords: curved rebar, reinforced concrete elements, calculation of compressed reinforced concrete elements, reinforcement frame.

Известно, что прочность сжатых элементов, выполненных из железобетона или кирпичной кладки, можно повышать следующими способами:

1. Применением более прочных материалов - арматуры, бетона и, соответственно, кирпича и раствора;
2. Увеличением площади поперечного сечения сжатых элементов;
3. За счёт увеличения площади поперечного сечения продольной арматуры;
4. Созданием более эффективных конструктивных форм.

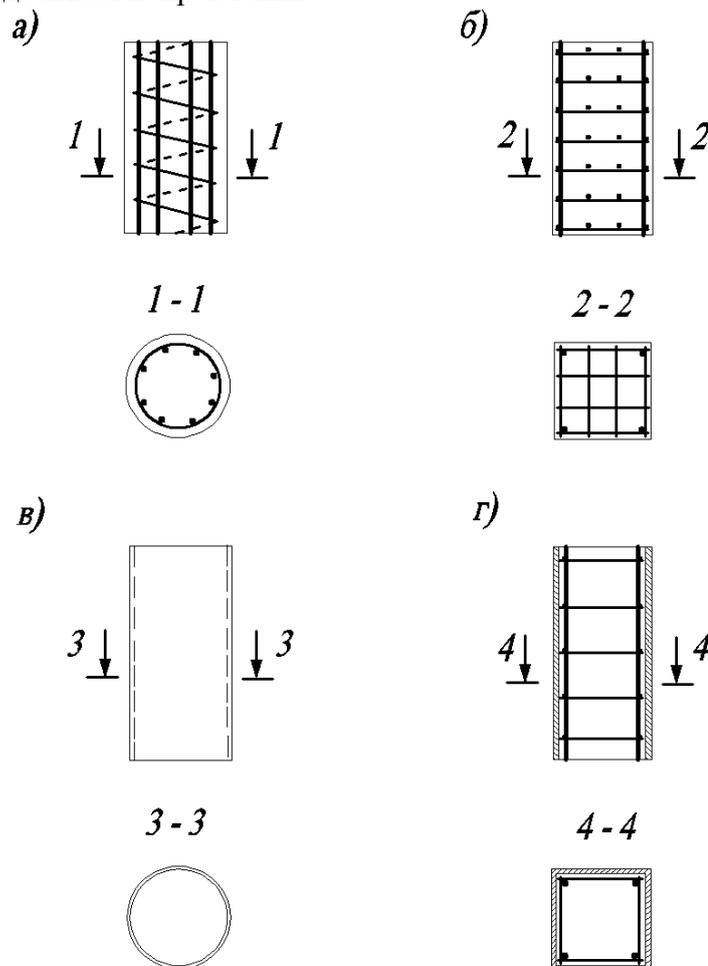
В перечисленных выше способах повышение прочности осуществляется введением дополнительных элементов, расположение которых совпадает с линией действия внешних продольных сил.

Известен ещё один способ увеличения прочности сжатых железобетонных элементов и кирпичной кладки с помощью, так называемого, косвенного армирования.

Ещё в позапрошлом веке было обнаружено, что при создании бокового обжатия увеличивается несущая способность сжатых элементов в осевом направлении, выполненными даже из хрупких материалов, в том числе и из бетона. Для создания бокового обжатия последовательно было предложено несколько способов косвенного армирования сжатых элементов.

В 1902 году французский учёный Консидер опубликовал результаты своих опытов по работе сжатых бетонных образцов усиленных спиральным армированием.

Спиральное армирование образует обойму, сопротивляющуюся поперечному растяжению бетона при осевом сжатии. При этом значительно повышается прочность сжатых элементов в продольном направлении.



а) - в виде спиральной обмотки; б) - в виде поперечных сеток; в) - в виде оболочки из стальной трубы; г) - в виде стеклопластиковой оболочки.

Рис. 1. Сжатые элементы, в которых используется эффект обжим, создаваемые с помощью косвенного армирования

В 1908 году В.П. Некрасов предложил применять в качестве косвенного армирования поперечные сетки, которые препятствуют поперечному растяжению бетона при продольном сжатии, т.е. также, как и спиральное армирование, они выполняют роль обоймы, рисунок 1б. Поперечные сетки затем были применены им для армирования кирпичной кладки.

При экспериментальных исследованиях сжатых железобетонных элементов, армированных продольной арматурой и спиральной обоймой, было выявлено следующее:

1. Если при простом растяжении относительные продольные деформации перед разрушением в среднем равны  $\epsilon = 1 \cdot 10^{-4}$ , при простом сжатии соответственно -  $\epsilon = 1 \cdot 10^{-3}$ , то при всестороннем сжатии, т.е. при наличии бокового обжатия, предельные деформации укорочения достигают значительной величины и составили в опытах Консидера от 3% до 12%. Бетон в условиях всестороннего сжатия ведет себя как пластичный материал.

2. В случае применения обоймы в процессе сжатия до определённой величины - 75% - 85% от разрушающей нагрузки вначале происходит уменьшение объёма образцов, а затем наблюдается их видимое увеличение. Объясняется это тем, что при всестороннем сжатии благодаря боковому обжатию происходит частичное закрытие отрыва. При этом остаются мельчайшие трещины, которые постепенно накапливаются и в итоге видимый объём тела увеличивается. Явление увеличения объёма бетона при всестороннем сжатии называют дилатацией [5].

3. При сжимающих напряжениях в бетоне менее 50% от призмочной прочности бетон испытывает простое сжатие. Лишь при дальнейшем увеличении сжимающей нагрузки обойма начинает сопротивляться поперечному расширению, и как следствие появляется боковое обжатие бетона. При достижении в бетоне напряжений сжатия, равных призмочной прочности, влияние бокового обжатия линейно увеличивает прочность бетона: приращение бокового давления на 1 МПа увеличивает осевую прочность сжатого железобетонного элемента на 4 - 5 МПа [6,7].

4. Опытами установлено, что сжатые элементы, армированные спиральной арматурой, выдерживают большие нагрузки и большие предельные деформации укорочения по сравнению со сжатыми элементами, армированными поперечными сетками [7]. Это говорит о большой эффективности спирального армирования.

Дальнейшим развитием сжатых железобетонных конструкций было появление трубобетона, т.е. таких конструкций, в которых стальная труба объединяет функции как продольного, так и косвенного армирования, рисунок 1.1 в [8].

Стальная труба, как и спиральная арматура и поперечные сетки, создаёт эффект обоймы при сжатии бетонного сердечника и тем самым повышает его прочность. К преимуществам трубобетона относят то, что труба одновременно является опалубкой. Поперечные сечения сжатых элементов с применением трубобетона значительно меньше по сравнению с обычными конструкциями. Упрощаются стыки элементов из трубобетона.

Недостатком сжатых конструкций из трубобетона является их большая гибкость, большой расход стальных дорогостоящих труб и сложность бетонирования [8].

С развитием новых конструкционных материалов имеются предложения использовать в качестве обойм стеклопластиковые оболочки, рисунок 1.1 г [9].

В НИИ ЖБЕ В.В. Михайловым и Г.А. Гамбаровым предложены и исследованы новые способы повышения прочности бетона в обойме и особенности их деформирования при сжатии при двухосном и трёхосном предварительном напряжении трубобетонных и спирально армированных конструкций. При этом устраняется такой недостаток, как отслаивание защитного слоя бетона в предельном состоянии и в связи с этим снимаются известные ограничения на величину допустимой (предельной) нагрузки.

Сущность этих предложений заключается в следующем: 1) для лучшего включения в работу спиральную арматуру преднапрягают при намотке на предварительно изготовленный бетонный сердечник механическим способом или с помощью напрягающего цемента в бетонном сердечнике, который, расширяясь напрягает спиральную обойму; 2) в специальные каналы устанавливают продольную арматуру; напрягая её, сжимают бетонный сердечник в осевом направлении; 3) производят укладку монолитного бетона образующего защитный слой для спиральной арматуры; 4) после набора бетоном проектной прочности ступенями нагружают конструкцию и на такую же величину уменьшают предварительное напряжение до тех пор, пока его интенсивность в продольном направлении уменьшается до нуля. При этом нулю будут равны напряжения сжатия в защитном слое бетона. В качестве недостатка следует отметить сложность изготовления подобных конструкций, что не дало возможности для их широкого применения.

Возможные конструктивные решения «бетона в преднапряжённых обоймах» даны на рис. 2, а их основные характеристики приведены в таблице 1.

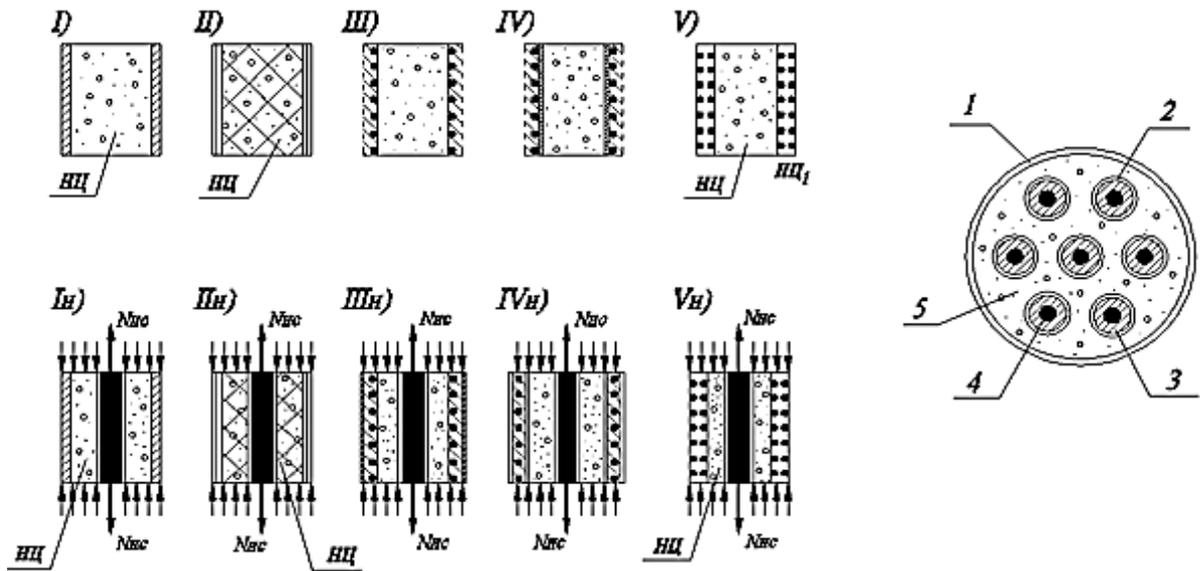


Рис. 2. Конструктивные решения: «Бетон в предварительно напряженной обойме»  
 а) – I, II, III, IV и V – двухосно, б) - Ia, IIa, IIIa, IVa и Va – трехосно напряженные,  
 в) – комплексная конструкция из трехосно напряженных элементов.

Основные характеристики конструктивных решений бетона

Варианты	Конструктивное решение		Тип напряженного состояния	
	обоймы	двухосное	двухосное	трехосное
I	Оболочка в виде стальной трубы	+	+	-
II	Оболочка в виде высокопрочных тонкостенных лент, свитых крест накрест	+	+	-
III	Оболочка из предварительно напряженной спирали с защитным слоем из ненапряженного бетона	+	+	-
IV	Тонкостенная листовая оболочка, обвитая снаружи напряженной спиральной обмоткой, защитный слой из ненапряженного бетона	+	+	-
V	Трубобетонный элемент, выполненный из бетонной трубки на напрягающем цементе НЦ, напряженно армированной спиральной обмоткой (дисперсно расположенной)	+	+	-
Ia	Обойма I	-	-	+
IIa	Обойма II	-	-	+
IIIa	III + наружная трубчатая оболочка	-	-	+
IVa	IV + наружная трубчатая оболочка	-	-	+
Va	Стальная оболочка	-	-	+

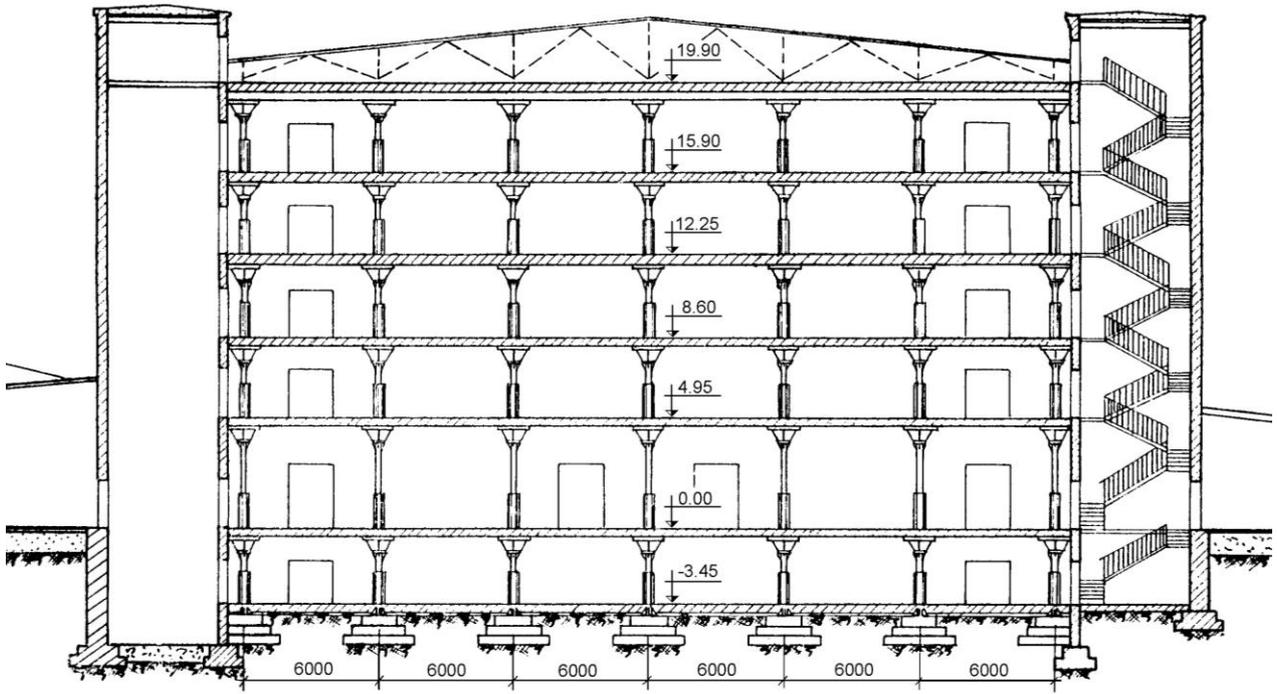


Рис. 3. Поперечный разрез холодильника

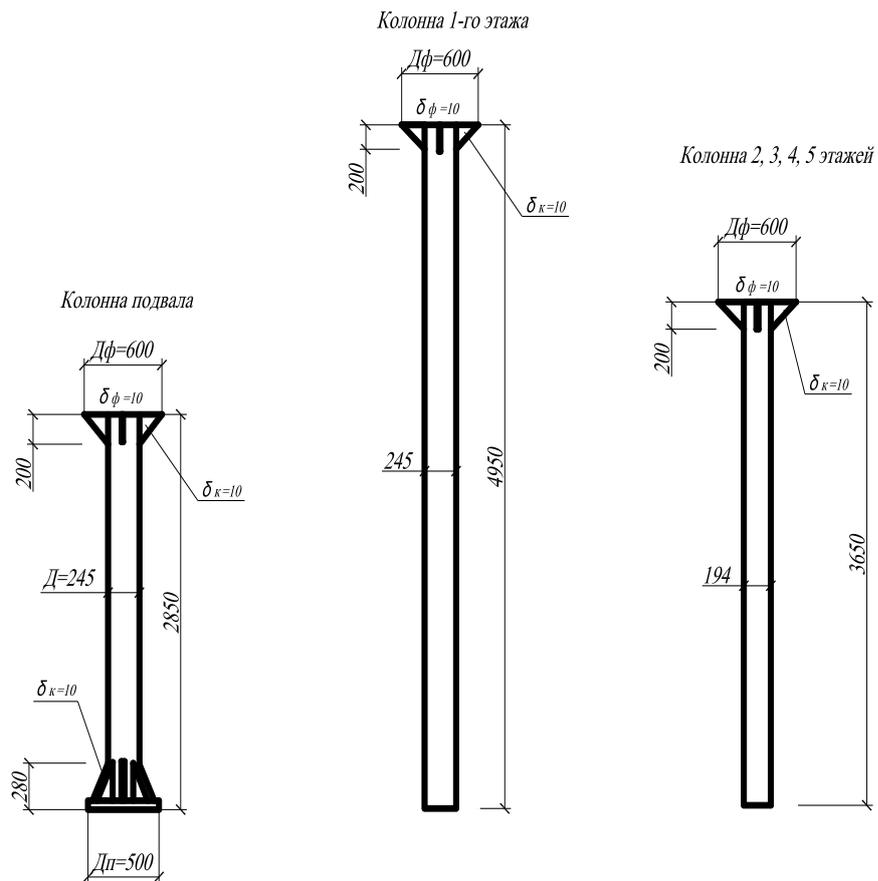


Рис. 4. Трубобетонные колонны холодильника

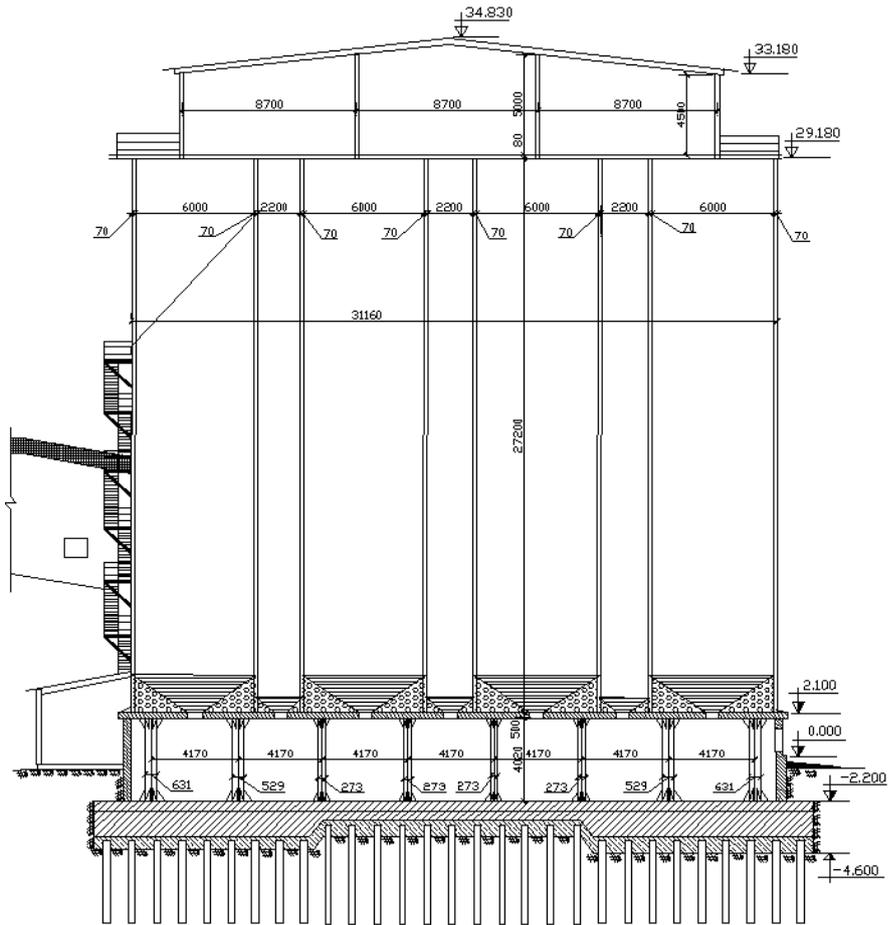


Рис. 5. Силосный корпус элеватора

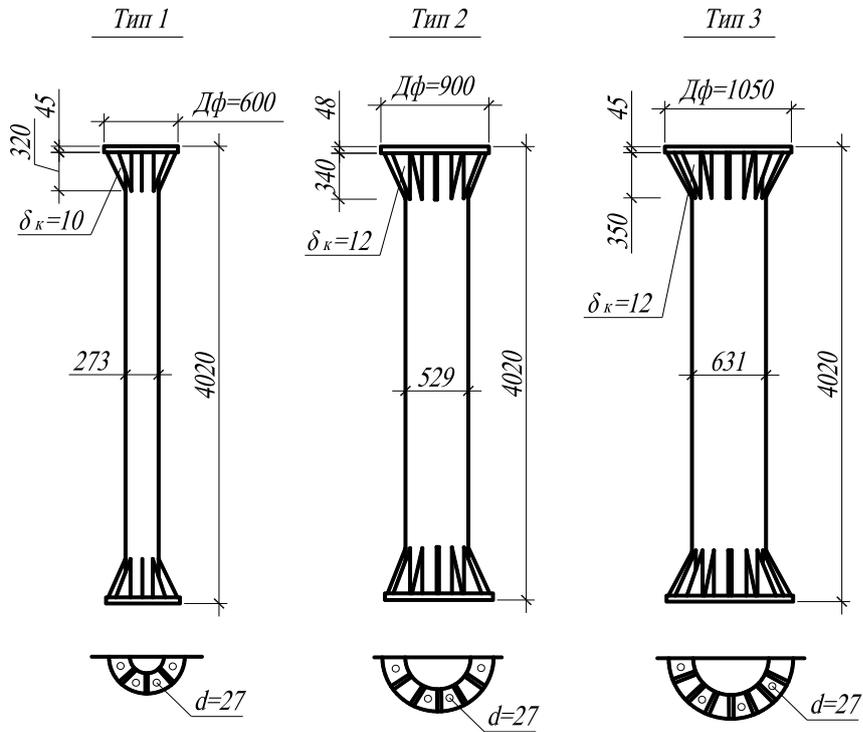


Рис. 6. Трубобетонные колонны элеватора

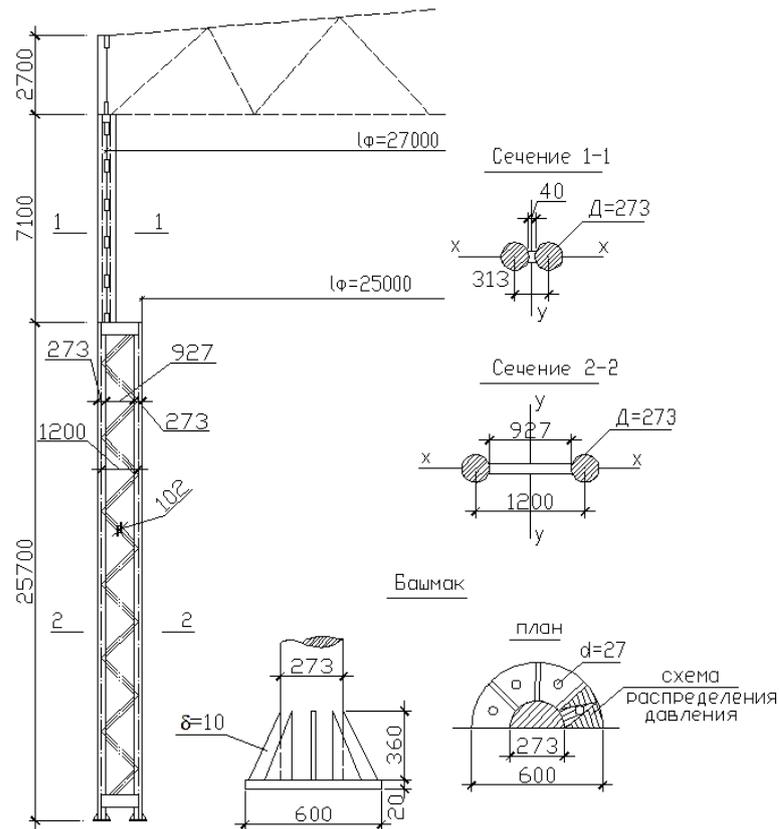


Рис. 7. Трубобетонные стойки рам миксерного отделения

Большой вклад в развитие теории и внедрение трубобетонных конструкций в практику строительства внёс проф. А.А. Долженко. Им были проведены обширные экспериментальные исследования трубобетонных элементов при действии кратковременных нагрузок, а также явления ползучести и усадки.



Рис. 8. Общий вид на несущие колонны цеха семилукского завода огнеупоров

А.А. Долженко доказал эффективность замены обычных железобетонных колонн на трубобетонные в нескольких разработанных им проектах: в здании холодильника (рис. 3 и 4), в подсилосном помещении силосного корпуса элеватора (рис. 5 и 6), в миксерном отделении мартеновского цеха (рис. 7). В 1962 г. под его руководством на семилукском заводе огнеупоров построено производственное здание с применением несущих конструкций из трубобетона (рис. 8). Пролет здания 24 м, длина - 96 м, шаг двухветвенных трубобетонных колонн - 6 м. Здание оборудовано мостовым краном грузоподъемностью 10 тн.

А.А. Долженко составил проект «Нормы и технические условия проектирования, изготовления и монтажа трубобетонных конструкций».

Ряд работ посвящен эффективности косвенного армирования в конструкциях, работающих в условиях агрессивной среды. Так А. В. Никулин предложил конструкцию сталеполимербетонных комплексных элементов круглого сечения. Наружную оболочку, армированную продольной и спиральной арматурой, предложено выполнять из полимербетона, а сердечник из цементного бетона. Исследованию подвергнуты короткие сжатые элементы с гибкостью  $\lambda \leq 14$ . Найден оптимальный процент спирального армирования, при котором моменты трещинообразования в оболочке и сердечнике совпадают, вследствие чего удаётся более эффективно использовать преимущества сжатых элементов с косвенным армированием в виде спиральной арматуры.

В работе Ю.Ф. Рогатнев исследовал сжатые элементы квадратного поперечного сечения, армированные по контуру обычной продольной и поперечной арматурой и расположенной внутри спиральной арматурой. Так как подобные сжатые элементы предлагается также использовать в условия воздействия агрессивной среды, то обычная продольная и поперечная, а также и спиральная арматура заключена в полимербетонную оболочку, а внутренняя цилиндрическая часть заполнена цементным бетоном. Выявлен ряд особенностей, в том числе эффект объёмного напряжённого состояния на участке между продольной и спиральной арматурой.

Квадратные сечения сжатых элементов, выполненных из полимербетона с сетчатым косвенным армированием исследовал Ушаков Н.В.

Иванов Ю.В. исследовал сжатые комплексные элементы, предложенные А.В. Никулиным, с гибкостью  $\lambda > 14$ . Им разработаны методы по проектированию сталеполимербетонных комплексных элементов при внецентренном сжатии и гибких комплексных элементов с  $\lambda \leq 50$  при осевом сжатии.

#### Библиографический список

1. Драпалюк Д.А. Мониторинг эксплуатационного износа зданий и сооружений и разработка матрицы организации капитальных и текущих ремонтов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2010. - 18с.
2. Назаренко Н.Г. Арматурный каркас строительной конструкции. Патент на изобретение №2137892 от 20.09.1999 г. по заявке №98112994 от 14.07.1998 г. Опубл. в бюл. №26 от 20.09.99.
3. Донченко В.Г. Исследование работы железобетонных опорных частей. Вопросы проектирования автодорожных мостов. — Сб. статей. Дориздат, 1947.
4. Передерий Г.П. Железобетонные мосты. Т. 3. Трансжелдориздат, 1951.
5. Передерий Г.П. Трубчатая арматура. Трансжелдориздат, 1945.
6. Качурин В.К. Испытание модели Володарского моста. — Транспортное строительство, 1933, № 9.
7. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. Трансжелдориздат, 1963.
8. Росновский В.А., Липатов А.Ф. Исследование труб, заполненных бетоном. — Железнодорожное строительство, 1952, № 11.
9. Трубобетонный мост через р. Исеть. — Строительство железных дорог и путевое хозяйство, 1941, № 1.
10. Консидер М. Прочность на сжатие железобетона и бетона в обойме. «Le Genie Civil», т. XVII, 1902.
11. Абрамов Н.М. Испытание моста из бетона со спиральной арматурой системы Консидера. СПб, 1905.
12. Абрамов Н.М. Изучение свойств бетона в обойме. Механич. лаборатория Ин-та инж. путей сообщения, СПб, 1907.

13. Некрасов В.П. Метод косвенного вооружения бетона. Новый железобетон. Ч. 1. Транспечать, 1925.
14. Залигер Р. Железобетон, его расчет и проектирование. Госиздат, 1928.
15. Передерий Г.П. Курс железобетонных мостов. Изд. 4-е. Госиздат, 1930.
16. Гвоздев А.А. Определение величины разрушающей нагрузки для статически неопределимых систем. — Проект и стандарт, 1934, № 8.
17. Липатов А.Ф. Исследование прочности трубобетонных элементов мостовых конструкций. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. 1953. (ЦНИИСМПС).
18. Скворцов Н.Ф. Применение сталетрубобетона в мостостроении. Автотрансиздат, 1955.
19. Менаже, Барт, Веврие. Мост на озере Ибис в Везине. Пер. с франц. М. А. Андреевой. Иностран. техн. лит., вып. 4. — Мосты. Ленгострансиздат, 1933.
20. Курылло А.С. Результаты новых испытаний железобетонных колонн с косвенной арматурой. — Строительная промышленность, 1952, №8.
21. Карпинский В.И. Бетон в предварительно-напряженной спиральной обойме. 1961. (Оргтрансстрой).
22. Сахновский К.В. Железобетонные конструкции. Изд. 8-е перераб. Госстройиздат, 1961.
23. Спириденко А.А. 3D лазерное сканирование строительных конструкций / А.А. Спириденко, А.В. Горина, Н.Б. Хахулина // Студент и наука. 2018. № 4. С. 53-60.
24. Драпалюк Д.А., Руденская Е.Н. Анализ методов контроля взрывоопасного оборудования // Студент и наука. 2020. № 1(12). С. 106 -111.
25. Anastasiya Mylayeva, Nadezhda Kuznetzova, Tatiana Shchukina and Dmitriy Drapalyuk. Energy-saving technology of cleaning water basin and enrichment with algae raw materials for biogas production// E3S Web of Conferences «Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019», 164, 01032 (2020) TPACEE-2019. DOI: 10.1051/e3sconf /202016401032.
26. Zherlykina M., Sheps R., Drapaluk D., Vorobeva Yu. STAGES OF SCIENTIFIC RESEARCH//7th International Conference on Education and Education of Social Sciences. Abstracts & Proceedings. E-Publication. 2020. С. 211-215.
27. Drapalyuk N.A., Drapalyuk D.A., Shchukina T.V. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 20206 October 2020, Номер статьи 92710802020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020; Vladivostok; Russian Federation; 6 October 2020 до 9 October 2020; Номер категории CFP20M35-ART; Код 165655.
28. Драпалюк Н.А., Кононова М.С., Андрияшкин О.О., Божко С.В. Влияние климатических условий на эффективность автоматического регулирования в системах централизованного теплоснабжения // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2020. № 1 (12). С. 54-61.
29. Influence on the Microclimate of the Number of People at Different Occupancy Temples / T.V. Shchukina, M. N. Zherlykina, N.A. Drapalyuk, R.A. Sheps // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering753 – 2020. С. 052016.
30. Qualitative and quantitative composition of gas emissions of energy-technological equipments Sazonov E.V, Drapalyuk N.A, Burak E.E, Vorob'eva Y.A В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic edition. Сер. "IOP Conference Series: Materials Science and Engineering" 2020.

УДК 624.012

Воронежский государственный технический университет  
 студент группы МВЭЗ-201 факультета инженерных систем и сооружений  
 Коровкина Ю.С.  
 Россия, г. Воронеж  
 Воронежский государственный технический университет  
 ассистент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
 Зубахина Ю.А.  
 Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92  
 e-mail: anikdud78@mail.ru  
 Воронежский государственный технический университет  
 канд. техн. наук, доцент кафедры ЖКХ  
 Драпалюк Д.А.  
 Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92  
 e-mail: drapaluyk@yandex.ru

Voronezh State Technical University  
 Student of group mVEZ-201 faculty of engineering systems and structures  
 Korovkina Yu.S.  
 Russia, Voronezh

Voronezh State Technical University  
 Assistant of the department of housing and communal services  
 Zubakhina Yu.A.  
 Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-28-92  
 e-mail: anikdud78@mail.ru

Voronezh State Technical University  
 Candidate of technical sciences, senior lecturer of faculty housing and municipal services  
 Drapaliuk D.A.  
 Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-28-92  
 e-mail: drapaluyk@yandex.ru

Ю.С. Коровкина, Ю.А. Зубахина, Д.А. Драпалюк

## КОСВЕННОЕ АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОПЕРЕЧНЫМИ СЕТКАМИ

Аннотация. Рассматриваются вопросы конструирования и уточнения расчета центрально сжатых железобетонных элементов изогнутой продольной арматурой с учетом экспериментальных данных.  
 Ключевые слова: изогнутая арматура, железобетонные элементы, расчет сжатых железобетонных элементов, арматурный каркас, косвенное армирование.

Yu.S. Korovkina, Yu.A. Zubakhina, D.A. Drapaliuk

## INDIRECT REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH TRANSVERSE MESHES

Introduction. The issues of designing and refining the calculation of centrally compressed reinforced concrete elements with curved longitudinal reinforcement, taking into account experimental data, are considered.  
 Keywords: curved rebar, reinforced concrete elements, calculation of compressed reinforced concrete elements, reinforcement frame, indirect reinforcement.

Сетки радиального типа.

Значительные исследования бетонных и железобетонных элементов при действии осевой сжимающей нагрузки осуществил О.Я. Берг [6,7,8].

Микроскопическое исследование опорных площадок бетонных кубиков, подвергшихся действию сжимающей силы, обнаружило развитие системы трещин, расположенных по концентрическим окружностям; эти трещины пронизывают все тело кубика.

На конечной стадии разрушения физически существует только один вид разрушения — разрыв с распадением образца на части. Опыты показали, что при этом прирост поперечной деформации на каждой ступени нагрузки достигает половины величины прироста продольной деформации, т. е. коэффициент поперечной деформации

$$\nu = \frac{\Delta \varepsilon_{\text{поп}}}{\Delta \varepsilon_{\text{прод}}} = 0,5$$

Для противодействия развитию микротрещин целесообразно произвести косвенное армирование сетками, что повышает несущую способность железобетонной колонны и увеличивает ее долговечность.

В теоретическом обосновании О.Я. Берг исходил из условия, что к сжимаемому продольной нагрузкой бетонному элементу с напряжением  $\sigma_1$  приложены по боковым его

граням внешние сжимающие напряжения  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$ , равные сопротивлению бетона отрыву и препятствующие поперечным деформациям бетона.

Для железобетонных элементов с косвенным армированием сетками внешние напряжения ( $\sigma_2$  и  $\sigma_3$ ) заменяем внутренним усилием в виде сопротивления сетки, препятствующей поперечным деформациям бетона, возникающим под действием продольного сжимающего усилия  $N$ .

Сетка радиального типа (рис. 1) состоит из двух concentрических колец и радиальных стержней (или шпилек), приваренных к кольцам. Такая сетка надежно скрепляет все поперечное сечение железобетонного элемента, оказывая сопротивление поперечным деформациям бетона при действии осевой сжимающей нагрузки, и повышает несущую способность эксплуатационного элемента на осевое сжатие.

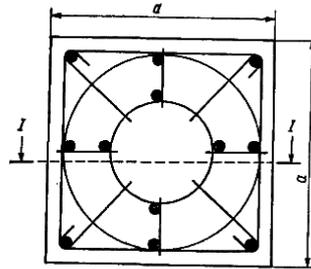


Рис. 1. Сетка радиального типа

Влияние поперечных деформаций бетона при действии осевой сжимающей нагрузки сказывается на элементах сетки следующим образом: кольца подвергаются растяжению, а радиальные стержни, приваренные к кольцам, препятствуют увеличению диаметра колец при их растяжении и оказывают сопротивление сцеплению с бетоном.

При предельной нагрузке коэффициент поперечной деформации будет увеличиваться по сравнению с  $\nu = 0,5$  вследствие образования и развития продольных трещин. Такой характер разрушения опытных образцов наблюдался в опытах О.Ф. Виноградовой, когда при предельной нагрузке наружные кольца разрывались, и образцы полностью разрушались [9].

Процесс разрушения железобетонных образцов с косвенным армированием сетками, состоящими из колец и радиальных стержней, под действием осевой возрастающей нагрузки протекает в такой последовательности: вначале под небольшой нагрузкой в бетоне возникают упругие деформации, меньшие  $\varepsilon_0 = 1/5000$ , затем с увеличением нагрузки появляются микротрещины, переходящие в макротрещины, и наконец, при достижении в арматуре колец предела текучести стали преодолевается сопротивление бетона на отрыв с образованием продольных трещин и железобетонный элемент полностью разрушается.

Опыты О.Ф. Виноградовой выявили особенности работы сеток радиального типа под нагрузкой с повышением коэффициента  $\nu$  с 0,5 до 0,7. Из результатов определения деформаций в опытных образцах можно сделать следующие выводы:

1. Абсолютные величины деформаций бетона в момент достижения разрушающей нагрузки незначительны.
2. При таких деформациях в опытных образцах не возникали трещины вплоть до разрушающей нагрузки.
3. Естественным являлось сохранение защитного слоя бетона до достижения предельной нагрузки.

Характер разрушения образцов в опытах О.Ф. Виноградовой был хрупкий — мгновенный.

О.Ф. Виноградовой были проведены экспериментальные исследования как по выбору наиболее рационального типа сеток, так и по обоснованию самого целесообразного расположения их вдоль центрально-сжатого железобетонного элемента.

В 1968—1969 гг. в лаборатории НИИ мостов ЛИИЖТа она исследовала [9] образцы-призмы (15x15x60см) с продольной арматурой и сетками, расположенными с шагом 8, 12 и 16 см (рис. 2). Все образцы были изготовлены из бетона марки 400. Кроме того, были изготовлены бетонные кубики (20x20x20 см) и призмы (15x15x60 см) для контроля  $R_{куб}^H$  и  $R_{пр}^H$ . Продольная арматура в образцах состояла из четырех стержней диаметром 12 мм (сталь класса А-II), арматурасеток — из стали марки Ст. 3.

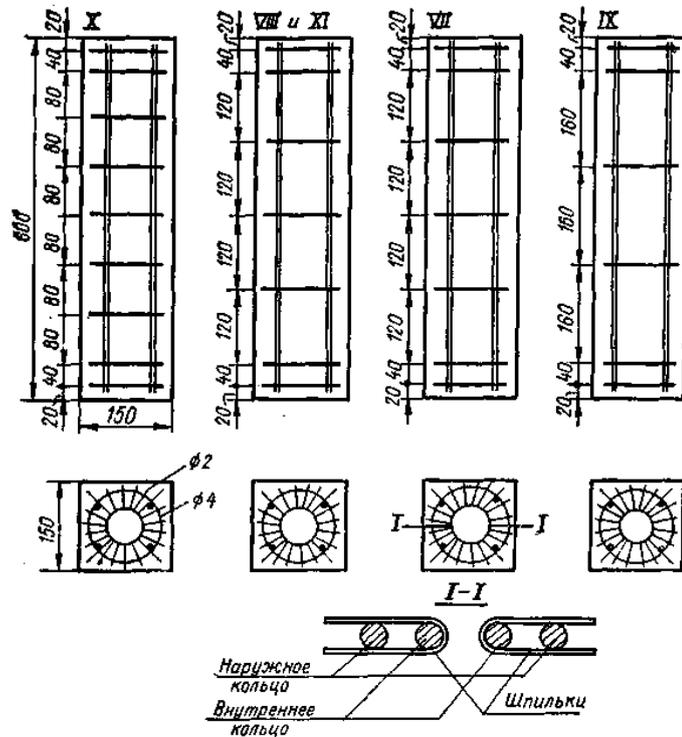


Рис. 2. Образцы сеток О.Ф. Виноградовой в моделях серии VII-XI

Результаты испытаний образцов по опытам О.Ф. Виноградовой приведены в таблице:

Результаты испытаний образцов по опытам О.Ф. Виноградовой

Номер серии	Шаг сеток, см (вид арматуры)	Опытная средняя разрушающая нагрузка, тс	Разрушающая нагрузка			
			расчетная, тс	отклонение, %	по СН 365-67, тс	отклонение, %
VII	12 (шпильки)	105,0	117,0	+11,1	97,9	-7,0
VIII	12 (холодносплющенная)	101,6	107,7	+6,0	96,4	-5,0
IX	16 (гладкая)	101,6	105,0	+3,5	95,3	-6,5
X	8 То же	103,3	115,0	+11,1	98,6	-5,0
XI	12 «	102,3	107,6	+5,0	96,4	-6,0
VI	Бетонная призма	78,6	—	—	—	—

Влияние шага сеток на величину разрушающей нагрузки иллюстрируется рис. 3.

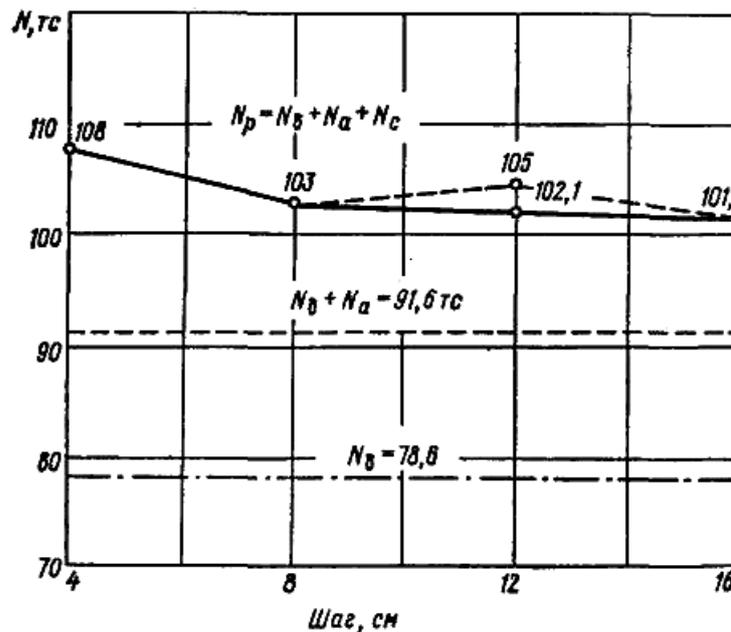


Рис. 3. График изменения разрушающей нагрузки при различном шаге сеток

Рассмотрение данных таблицы 1.2 позволяет сделать некоторые выводы:

1. Среднее значение разрушающей нагрузки изменяется от 101,6 до 105 тс, т.е. не превышает 3,4%.

2. Уменьшение шага сеток вдвое — с 16 до 8 см — повысило разрушающую нагрузку только на 1,7 тс (на 1,7%), а расход косвенной арматуры увеличился в два раза, т.е. на 100%. При шаге сеток 12 см разрушающая нагрузка осталась почти такой же, как и при шаге 16 см (увеличение на 0,7 тс). Применение в рассматриваемых опытах бетона одной и той же марки, продольной арматуры из четырех стержней и одинаковых сеток во всех сериях позволило установить, что при шаге сеток 16 см разрушающая нагрузка несколько уменьшилась по сравнению с образцами, имевшими шаг 8 и 12 см.

В опытах О.Ф. Виноградовой при предельной нагрузке наружные кольца разрывались, в бетоне появлялись трещины и наступало общее разрушение образцов. В процессе испытания всех образцов защитный слой бетона сохранялся до момента разрушения (рис. 4). Трещины в бетоне также не образовывались до предельной нагрузки.

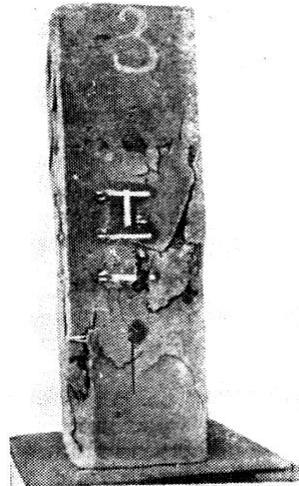


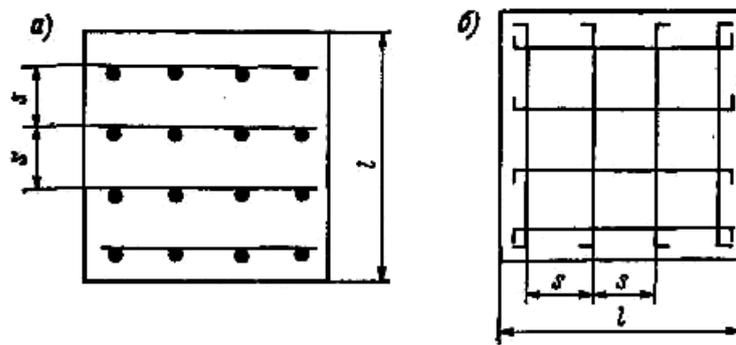
Рис. 4. Разрушение образца армированного сетками радиального типа

Проведенные О.Ф. Виноградовой экспериментальные и исследования выявили целесообразность увеличения шага сеток против величины 8 см по действующим

нормативным документам, а также показали преимущества сеток с кольцами и радиальными стержнями по сравнению с сетками В.П. Некрасова и др.

Сетки ортогонального типа (сетки Некрасова)

В.П. Некрасов, касаясь целесообразности и эффективности косвенного армирования для повышения прочности бетона на сжатие, высказывался так: «Все препятствия поперечным расширениям бетона должны увеличивать его сопротивляемость сжатию» [2, с. 32]. Им были предложены сетки (рис. 5), состоящие из двух рядов стержней, расположенных перпендикулярно друг другу. Целесообразность таких сеток он выражает следующими словами: «Расположение сеток, показанное на фиг. 19 (рис. 5), с моей точки зрения будет идеальным. Здесь расстояния между сетками по высоте равны расстояниям между прутками в плане. При этом бетон будет разбит сеткой на мелкие кубики и, следовательно, насыщение, пронизывание бетона элементами поперечной арматуры будет идеальным» [2, с. 89].



а – фасад, б – план  
Рис. 5. Сетка В.П. Некрасова

Сетки типа, предложенного В.П. Некрасовым, нашли применение в различных элементах железобетонных конструкций, хотя они оказались не идеальными. В книге П.Ф. Дроздова [12, с. 160] сообщается, что в Москве косвенное армирование было применено для колонн длиной 310 см в 14-этажном доме под нагрузку 60 МН. Сетки армирования состояли из шести стержней диаметром 12 А-III (в каждом из двух взаимно перпендикулярных направлений); продольная арматура — из 6  $\varnothing$  28 А-III и 4  $\varnothing$  25 А-III. Шаг сеток  $s = 10$  см.

Применялись также сетки иного типа. Например, в колонне сечением 50 x 70 см были поставлены сетки (рис. 6), образованные в каждом из двух рядов непрерывной проволокой диаметром 8 мм, изогнутой зигзагообразно с закруглениями по полуокружности [10].

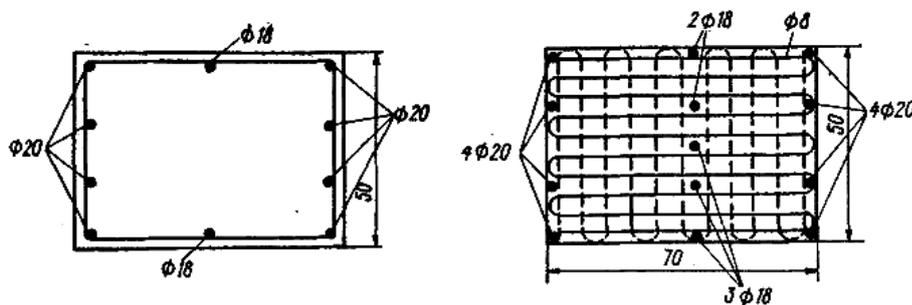


Рис. 6. Сетка из непрерывной проволоки в каждом ряду

Внутренняя обделка тоннеля Бильдштот в Саарской области [11, с. 31] состояла из клинообразных железобетонных блоков 16X50X80 см (16 — ширина обделки, 50 — ее толщина, 80 — длина). Каждое кольцо обделки состояло из 178 блоков, а всего их было уложено 50 тысяч. Косвенная арматура представляла собой два перпендикулярных ряда проволоки диаметром 6 мм (рис. 7).

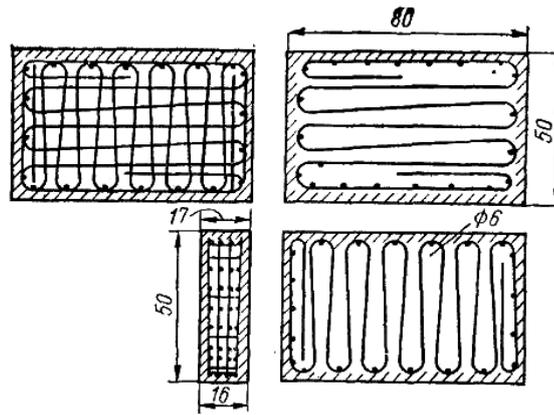


Рис. 7. Сетки в блоках обделки тоннеля

М. Консидер в своей статье («Цемент», 1903, с. 153) рассматривал работу поперечных сеток из проволоки без продольной арматуры. Относительно этой статьи В.П. Некрасов высказывался весьма критически в своей книге [2]. Некоторые его суждения представляются важными и не потеряли значения до настоящего времени. Так, например, он пишет: «Сила сцепления здесь пропорциональна не только поверхности соприкосновения, но еще и силам давления, пропорциональным осевому сжатию бруса» [2, с. 93].

Рассматривая сетку с перпендикулярно расположенными друг к другу стержнями, В.П. Некрасов высказывается так [2, с. 88]: «Если же возьмем радиальное направление из центра на угол, то этому радиальному направлению расширений будут одинаково препятствовать и связи а — а, и связи б — б», т. е., иначе говоря, — стержни обоих направлений. Если это положение распространить на любую ячейку сетки, то радиальным деформациям бетона от центра к точкам пересечения стержней ячейки будут препятствовать стержни как одного направления, так и второго, перпендикулярного первому, что, следовательно, и создает условия, обеспечивающие одинаковую работу под нагрузкой всех стержней сетки.

Особое внимание В.П. Некрасов уделил роли поверхности сцепления стержней сетки и бетона [2, с. 94]. При уменьшении диаметра стержней сетки и сохранении общего веса увеличивается поверхность их соприкосновения с бетоном.

Опыты В.П. Некрасова интересны в отношении влияния особенностей косвенного армирования на разрушающую нагрузку при использовании проволоки небольшого диаметра и малом шаге расположения сеток.

Картина разрушения армированных ортогональными сетками кубиков, по опытам В.П. Некрасова, резко отличалась от картины разрушения бетонных кубиков [2, с. 147—148]. Как пишет В.П. Некрасов: «Все признаки пластичности бетона в образцах с арматурой оказались налицо. Простой бетон разрушался внезапно...» И далее: «Бетонная масса кубика сохранила вполне плотную консистенцию, ни о каком разрушении в глубину нет и речи». И еще: «На поверхности кубика видны концы связей, коими сковывается совершенно плотная бетонная масса» [2, с. 148]. Таким образом, очевидно, что частое расположение сеток изменяет характер разрушения, сохраняя в образцах форму кубика.

В отношении состояния проволок сеток при достижении предельной нагрузки В.П. Некрасов пишет, «что проволоки были порваны, причем некоторые на две, а другие — на три части» [2, с. 121]. Так как разрыву проволок должно было предшествовать достижение в них предела текучести металла, т. е. образование шеек, то, как он отмечает [2, с. 122], «такие шейки были заметны на многих проволоках образца, причем на одной проволоке по несколько сразу, иногда на расстоянии сантиметра одна от другой».

В.П. Некрасов высказывает сожаление о том, «что, начиная от опытов Консидера и кончая всеми последующими, иногда очень обстоятельными опытами над призмами со спиральной арматурой, все внимание обращалось лишь на состояние бетона, а не на состояние железа. Это большая ошибка всех работавших в этой области экспериментаторов. Ибо и при консидеровских арматурах, так же как и при сетчатых, явление, безусловно и

бесспорно, протекает в две стадии; или, пока диаметры арматуры относительно толстые, а) спираль врезывается в бетон, железо критической точки не достигает, а следовательно, полностью остается неиспользованным, или — диаметры спирали уже настолько тонки, что б) железо достигает критической точки раньше, чем спираль успеет врезаться в бетон. Железо делается использованным полностью, и эффект спирали с наступлением такой стадии быстро достигает эффекта сплошной обоймы» [2, с. 123—124].

Таким образом, по результатам исследования бетона, армированного ортогональными сетками, можно сделать некоторые общие выводы:

1. С уменьшением шага сеток и диаметра проволоки одновременным увеличением количества стержней в сеткеразрушающая нагрузка возрастает, а расход металла на 1 м<sup>3</sup>бетона уменьшается.

2. При одном и том же диаметре проволоки разрушающая нагрузка возрастает с увеличением количества стержней в сетке и уменьшением шага сеток.

Сетки А. Ф. Лолейта

На рис. 8 показано сечение колонны А.Ф. Лолейта, имеющей сложное поперечное армирование. Относительно армирования такой колонны В.П. Некрасов отметил три новые особенности [2, с. 245—246]:

1. Расположение продольных стержней по сечению на более близких расстояниях, чем при обычном расположении их по углам сечения.

2. Применение хомутов из одного куска довольно тонкой проволоки ( $d = 4$  мм), переплетающей последовательно и наискось все стержни и превращающей их в косвенную сетчатую арматуру.

3. Превращение всей арматуры в обойму.

Совершенно очевидно, что такое армирование весьма сложно, вследствие чего оно не нашло широкого применения.

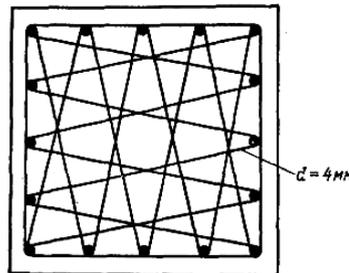


Рис. 8. Сетка А.Ф. Лолейта

В опытах над образцами, армированными сетками, В.А. Червонобаба [13, с. 18] установил, «что на уменьшение деформативности более сильное влияние оказывает не столько уменьшение расстояния между сетками, сколько увеличение количества стержней в сетках». Изгиб стержней сетки, происходящий под действием поперечных деформаций бетона, и представляет существенный недостаток таких сеток [13, с. 118, рис. 5].

Сравнение сеток различных конструкций

Рассматривая физическую сущность взаимодействия бетона и сеток косвенного армирования, можно установить, что при осевом сжатии бетона в нем возникают поперечные деформации по радиальным направлениям. Чтобы воспрепятствовать развитию этих деформаций и образованию в железобетонном элементе продольных трещин, необходимо соответствующее армирование. В сетках со стержнями, расположенными параллельно сторонам прямоугольного сечения, т.е. перпендикулярно друг другу, возникает изгиб стержней [13], вследствие чего при поперечных деформациях бетона они работают не наилучшим образом.

Совершенно иной характер работы в элементах сетки, состоящей из концентрических колец и радиальных стержней. Здесь в арматуре колец возникают растягивающие

напряжения, а увеличению диаметра колец при растяжении препятствуют радиально расположенные стержни, приваренные к кольцам и оказывающие сопротивление увеличению диаметра колец благодаря сцеплению с бетоном.

В результате различного характера работы сеток типа Некрасова и сеток с концентрическими кольцами и радиальными стержнями железобетонные колонны с сетками первого типа разрушаются при меньшей нагрузке, чем с сетками второго типа. Кроме того, расход арматуры при армировании бетона сетками Некрасова при одинаковой разрушающей нагрузке существенно больше. Поэтому можно сделать вывод, что наиболее рационально и экономично применение сеток с кольцами и радиальными стержнями.

#### Библиографический список

1. Драпалюк Д.А. Мониторинг эксплуатационного износа зданий и сооружений и разработка матрицы организации капитальных и текущих ремонтов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2010. - 18с.
2. Некрасов В.П. Метод косвенного вооружения бетона. Новый железобетон. Ч. 1. Транспечать, 1925.
3. Залигер Р. Железобетон, его расчет и проектирование. Госиздат, 1928.
4. Сахновский К.В. Железобетонные конструкции. Изд. 8-е перераб. Госстройиздат, 1961.
5. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования/Госстрой СССР. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1992.
6. Берг О.Я. Прочность бетона и других материалов, обладающих различным сопротивлением растяжению и сжатию, в условиях сложного напряженного состояния. — Труды ЦНИИС, вып. 36, Трансжелдориздат, 1960.
7. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. Госстройиздат, 1961.
8. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.И. Высокопрочный бетон. Стройиздат, 1971.
9. Виноградова О.Ф. Экспериментальные исследования центрально-сжатых железобетонных элементов с косвенным армированием сетками типа. — Сб. трудов ЛИИЖТ, вып. 350, 1973.
10. Железобетонные ангары для гидросамолетов центра морской авиации Алжира. — «LeGenieCivil», 1919, № 21.
11. Михайловский С.С. Строительство тоннеля Бильдштот в Саарской области. — Техн. информ., 1957, № 2.
12. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. Стройиздат, 1977.
13. Червонобаба В.А. Исследование сопротивления бетона, армированного сетками, смятию. — Труды НИИЖБ, вып. 5, Госстройиздат, 1959.
14. Драпалюк Д.А., Руденская Е.Н. Анализ методов контроля взрывоопасного оборудования // Студент и наука. 2020. № 1(12). С. 106 -111.
15. Anastasiya Mylayeva, Nadezhda Kuznetzova, Tatiana Shchukina and Dmitriy Drapalyuk. Energy-saving technology of cleaning water basin and enrichment with algae raw materials for biogas production// E3S Web of Conferences «Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019», 164, 01032 (2020) TPACEE-2019. DOI: 10.1051/e3sconf/202016401032.
16. Drapalyuk N.A., Drapalyuk D.A., Shchukina T.V. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 20206 October 2020, Номер статьи 92710802020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020; Vladivostok; Russian Federation; 6 October 2020 до 9 October 2020; Номер категории CFP20M35-ART; Код 165655.

УДК 624.012

Воронежский государственный технический университет  
 студент группы МВЭЗ-201 факультета инженерных систем и сооружений  
 Коровкина Ю.С.  
 Россия, г. Воронеж  
 Воронежский государственный технический университет  
 ассистент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
 Дудкина Е.Ю.  
 Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92  
 e-mail: anikdud78@mail.ru  
 Воронежский государственный технический университет  
 канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
 Драпалюк Д.А.  
 Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92  
 e-mail: drapaluyk@yandex.ru

Voronezh State Technical University  
 Student of group mVEZ-201 faculty of engineering systems and structures  
 Korovkina Yu.S.  
 Russia, Voronezh

Voronezh State Technical University  
 Assistant of the department of housing and communal services  
 Doudkina E. Yu.  
 Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-28-92  
 e-mail: anikdud78@mail.ru

Voronezh State Technical University  
 Candidate of technical sciences, senior lecturer of faculty housing and municipal services  
 Drapaliuk D.A.  
 Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-28-92  
 e-mail: drapaluyk@yandex.ru

Ю.С. Коровкина, Е.Ю. Дудкина, Д.А. Драпалюк

## КОСВЕННОЕ АРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СПИРАЛЬНОЙ ОБМОТКОЙ

Аннотация. С начала прошлого столетия учеными и специалистами были выполнены значительные теоретические и экспериментальные исследования различных способов косвенного армирования в элементах железобетонных конструкций. Рассмотрим косвенное армирование железобетонных элементов спиральной обмоткой.

Ключевые слова: изогнутая арматура, железобетонные элементы, расчет сжатых железобетонных элементов, арматурный каркас, косвенное армирование.

Yu.S. Korovkina, E.Yu. Doudkina, D.A. Drapaliuk

## INDIRECT REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH SPIRAL WINDING

Introduction. Since the beginning of the last century, scientists and specialists have carried out significant theoretical and experimental studies of various methods of indirect reinforcement in the elements of reinforced concrete structures. Consider the indirect reinforcement of reinforced concrete elements with a spiral winding.

Keywords: curved rebar, reinforced concrete elements, calculation of compressed reinforced concrete elements, reinforcement framein, direct reinforcement.

### Опыты Баха и их анализ

В 1905 г. Бах произвел исследования бетонных призм восьмиугольного сечения высотой 1 м с продольной и косвенной арматурой, отличающихся следующим [4]:

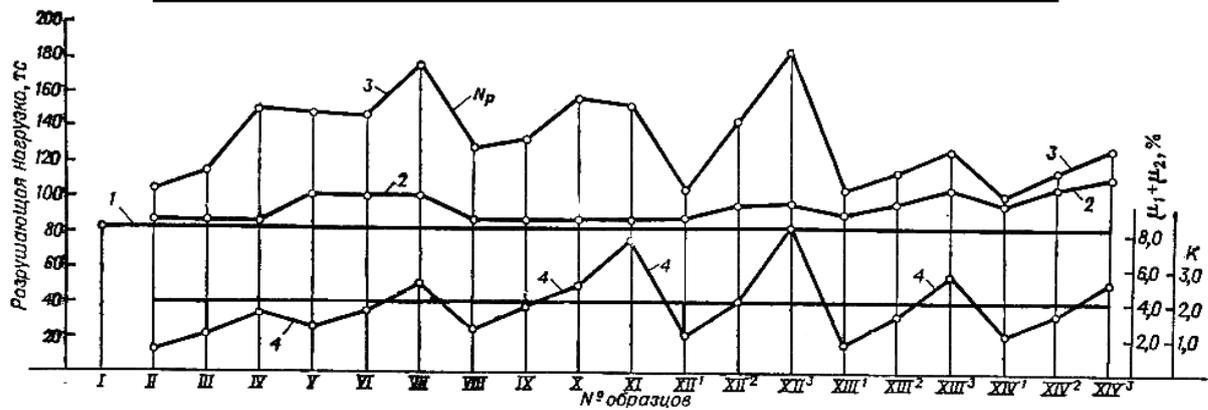
- геометрические размеры призм (сечения, высоты) одинаковы;
- образцы изготовлены из бетона одного и того же состава с временным сопротивлением 133 кгс/см<sup>2</sup>;
- диаметр и процентное содержание продольной и спиральной арматуры разнообразны.

Содержание продольной и спиральной арматуры в процентах к площади ядра изменялось так, как показано в таблице 1.3. Из нее видно, что содержание продольной арматуры в группах образцов А и В было незначительно, а в остальных группах изменялось от 0,71 до 2,9%. Содержание спиральной арматуры в группах А, Б, Е последовательно увеличивалось в два и три раза, в группах Г и Д — в два и четыре. По данным опытов построена диаграмма (рис. 1).

Таблица 1

Содержание продольной и спиральной арматуры в процентах к площади ядра в опытах Баха

Обозначение образцов	Арматура		Обозначение образцов	Арматура	
	продольная $\mu_1$	спиральная $\mu_2$		продольная $\mu_1$	спиральная $\mu_2$
II } A III } IV }	0,36	0,87	XII <sup>1</sup> } Г XII <sup>2</sup> } XII <sup>3</sup> }	0,36	1,64
	0,36	1,78		0,71	3,34
	0,36	3,18		1,48	6,65
V } Б VI } VII }	1,78	0,85	XIII <sup>1</sup> } Д XIII <sup>2</sup> } XIII <sup>3</sup> }	0,71	0,82
	1,78	1,78		1,48	1,67
	1,78	3,18		2,13	3,33
VIII } В IX } X } XI }	0,36	2,15	XIV <sup>1</sup> } Е XIV <sup>2</sup> } XIV <sup>3</sup> }	1,48	0,55
	0,36	3,35		2,09	1,11
	0,36	4,75		2,90	2,22
	0,36	7,25			



1 – бетон; 2 – бетон и продольная арматура; 3 – бетон, продольная и косвенная арматура; 4 – общее содержание арматуры ( $\mu_1 + \mu_2$ ); коэффициент

Рис. 1. Диаграмма по опытам Баха

Рассмотрение рис. 1 позволяет установить следующее:

- продольная арматура повышает разрушающую нагрузку сравнительно незначительно;
- значительное увеличение разрушающей нагрузки происходит при повышении общего процентного содержания арматуры, причем на графике появляются пики ( $\mu_1 + \mu_2 = 4,96$  и  $8,13\%$ ).

Косвенное армирование бетона спиральной обмоткой и продольной арматурой

Косвенное армирование в виде спиральной обмотки — спирали (рис. 2), предложенное М. Консидером, применялось в различных железобетонных элементах, работающих на сжатие: колоннах, арках, верхних поясах балок, опорных частях.

Сам М. Консидер применил спиральную арматуру в фермах пролетом 20 м (рис. 3, а). Верхний сжатый пояс имел восьмиугольное сечение ( $D = 25$  см), продольную арматуру из восьми стержней диаметром 11 мм и спиральную такого же диаметра; расстояние между витками 31—36 мм (рис. 3, б и в). В нижнем растянутом поясе было 37 стержней диаметром 13 мм, обвитых 4-мм проволокой. Испытание такого пролетного строения, произведенное 11-13 ноября 1903 г., дало положительные результаты [2].

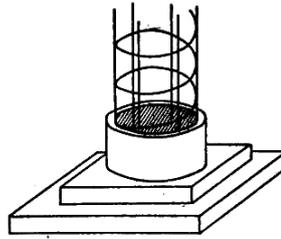
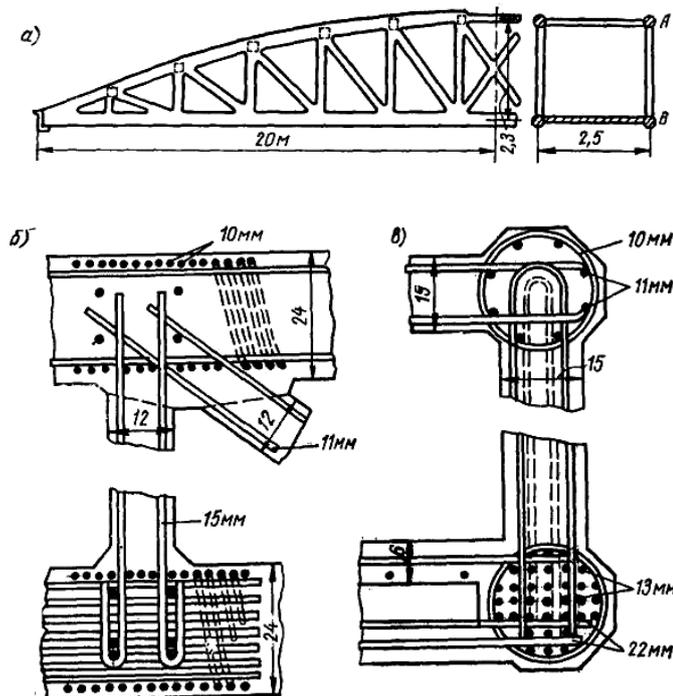


Рис. 2. Армирование спиральной обмоткой

В дальнейшем А.С. Курылло были исследованы железобетонные колонны со спиральной обмоткой для уточнения их несущей способности [11]. В 1949 г. он произвел испытание на центральное сжатие образцов с косвенной арматурой, составлявшей от 1,45 до 7,08%. Высота образцов равнялась 60 см, они имели восьмиугольное поперечное сечение с диаметром вписанной окружности 20 см.



а – схема фермы; б – поперечное сечение верхнего и нижнего поясов; в – узлы присоединения к поясам фермы стойки и раскоса

Рис. 3. Железобетонная ферма М. Консидера

Испытание опытных образцов с косвенным армированием до стадии разрушения следует считать недостаточным, так как оно не дает представления о напряженном их состоянии при расчетной нагрузке. Это обстоятельство весьма важно для железобетонных элементов со спиральной обмоткой, которая начинает оказывать значительное сопротивление поперечным деформациям бетона лишь тогда, когда они достигнут такой величины, при которой в бетоне возникают микротрещины, а возможно и макротрещины.

Р. Залигер [5, с. 118-119] отмечал, что сопротивление спиральной обмотки используется незначительно. Следовательно, при расчетной нагрузке напряжение на сжатие в бетоне колонны должно намного увеличиться, что может привести к образованию не только необратимых микротрещин, но и макротрещин, а это недопустимо.

Рассматривая характер работы железобетонных элементов со спиральной обмоткой и продольной арматурой при действии осевой разрушающей нагрузки, можно установить, что поперечным деформациям бетона оказывает сопротивление не только спиральная обмотка, но и стержни продольной арматуры. Последние в предельном состоянии теряют устойчивость и подвергаются изгибу в результате расширения бетона при поперечных его деформациях.

Рациональным решением можно признать применение предварительно-напряженной спиральной обмотки, которая вызывает сжатие элемента в поперечном направлении [12], как это было успешно осуществлено в колоннах станции Тбилисского метрополитена. Однако такое решение сложно технологически, ибо требует изготовления сначала железобетонного сердечника, затем, после отверждения бетона, навивки на него с натяжением высокопрочной проволоки и ее закрепления и, наконец, нанесения еще защитного слоя.

#### Библиографический список

1. Драпалюк Д.А. Мониторинг эксплуатационного износа зданий и сооружений и разработка матрицы организации капитальных и текущих ремонтов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2010. - 18с.
2. Абрамов Н.М. Испытание моста из бетона со спиральной арматурой системы Консидера. СПб, 1905.
3. Абрамов Н.М. Изучение свойств бетона в обойме. Механич. лаборатория Ин-та инж. путей сообщения, СПб, 1907.
4. Некрасов В.П. Метод косвенного вооружения бетона. Новый железобетон. Ч. 1. Транспечать, 1925.
5. Залигер Р. Железобетон, его расчет и проектирование. Госиздат, 1928.
6. Передерий Г.П. Курс железобетонных мостов. Изд. 4-е. Госиздат, 1930.
7. Гвоздев А.А. Определение величины разрушающей нагрузки для статически неопределимых систем. — Проект и стандарт, 1934, № 8.
8. Липатов А.Ф. Исследование прочности трубобетонных элементов мостовых конструкций. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. 1953. (ЦНИИСМПС).
9. Скворцов Н.Ф. Применение сталетрубобетона в мостостроении. Автотрансиздат, 1955.
10. Менаже, Барт, Веврие. Мост на озере Ибис в Везине. Пер. с франц. М. А. Андреевой. Иностр. техн. лит., вып. 4. — Мосты. Ленгострансиздат, 1933.
11. Курьлло А.С. Результаты новых испытаний железобетонных колонн с косвенной арматурой. — Строительная промышленность, 1952, №8.
12. Карпинский В.И. Бетон в предварительно-напряженной спиральной обойме. 1961. (Оргтрансстрой).
13. Спириденко А.А. 3D лазерное сканирование строительных конструкций / А.А. Спириденко, А.В. Горина, Н.Б. Хахулина // Студент и наука. 2018. № 4. С. 53-60.
14. Драпалюк Д.А., Руденская Е.Н. Анализ методов контроля взрывоопасного оборудования // Студент и наука. 2020. № 1(12). С. 106 -111.
15. Anastasiya Mylayeva, Nadezhda Kuznetzova, Tatiana Shchukina and Dmitriy Drapalyuk. Energy-saving technology of cleaning water basin and enrichment with algae raw materials for biogas production// E3S Web of Conferences «Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019», 164, 01032 (2020) TPACEE-2019. DOI: 10.1051/e3sconf/202016401032.
16. Zherlykina M., Sheps R., Drapaluk D., Vorobeva Yu. STAGES OF SCIENTIFIC RESEARCH//7th International Conference on Education and Education of Social Sciences. Abstracts & Proceedings. E-Publication. 2020. С. 211-215.
17. Drapalyuk N.A., Drapalyuk D.A., Shchukina T.V. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 20206 October 2020, Номер статьи 92710802020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020; Vladivostok; Russian Federation; 6 October 2020 до 9 October 2020; Номер категории CFP20M35-ART; Код 165655.

УДК 628.8

Воронежский государственный технический университет  
студент группы мСОМ-191 факультета инженерных систем и сооружений  
Саблин Д.С.

Россия, г. Воронеж

Воронежский государственный технический университет

ассистент кафедры жилищно-коммунального хозяйства

Дудкина Е.Ю.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92

e-mail: anikdud78@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства

Драпалюк Н.А.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92

Voronezh State Technical University  
Student of group mSOM-191 faculty of engineering systems and structures

Sablin D.S.

Russia, Voronezh

Voronezh State Technical University

Assistant of the department of housing and communal services

Doudkina E.Yu.

Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-28-92

e-mail: anikdud78@mail.ru

Voronezh State Technical University

Candidate of technical sciences, senior lecturer of faculty housing and municipal services

Drapaliuk N.A.

Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-28-92

Д.С. Саблин, Е.Ю. Дудкина, Н.А. Драпалюк

## ПРИМЕР РАСЧЕТА МИКРОКЛИМАТА МАГАЗИНОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Строительные материалы всегда будут популярны, так как строительство, ремонт и реконструкция помещений, жилых домов, зданий различного назначения всегда будут актуальными в нашей жизни, особенно для соответствующих многочисленных профессий. Магазины строительных материалов сегодня занимают огромные площади. Они могут располагаться в больших торговых центрах. Микроклимат различных помещений гипермаркетов следует рассматривать, исходя из множества условий различной нормативной литературы.

Ключевые слова: расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха, расход воздуха, система вентиляции, система кондиционирования, система отопления, холодоснабжение, технологические процессы.

D.S. Sablin, E.Yu. Doudkina, N.A. Drapaliuk

## EXAMPLE OF CALCULATING THE MICROCLIMATE OF BUILDING MATERIALS STORES

Introduction. Building materials will always be popular, as the construction, repair and reconstruction of premises, residential buildings, buildings for various purposes will always be relevant in our lives, especially for the corresponding numerous professions. Building materials stores today occupy huge areas. They can be located in large shopping centers. The microclimate of various hypermarket premises should be considered based on the many conditions of various regulatory literature.

Keywords: design parameters of outdoor and indoor air, air consumption, ventilation system, air conditioning system, heating system, cooling, technological processes.

Общие сведения.

Объект - зона гипермаркета «Леруа Мерлен».

Место строительства - Санкт-Петербург, Невский район, СУН, квартал 9Б, пересечения Дальневосточного проспекта и ул. Коллонтай.

Вид строительства – новое строительство.

Стадийность проектирования – стадия «РД».

Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха.

Расчетные параметры наружного воздуха:

Таблица 1

Наименование	Величина	Примечание
Холодный период - для систем отопления, вентиляции и кондиционирования	-26 °С J=25,3 кДж/кг	Параметры «Б»
Теплый период: -для систем вентиляции	+20,5 °С J=48,1 кДж/кг	Параметры «А»
-для систем кондиционирования	+28 °С J=51 кДж/кг	Требования заказчика

Расчетные значения температуры в помещениях комплекса.

Таблица 2

В холодный период года

Наименование помещений	Температура
Торговые помещения и галереи	16 °С
Административные помещения	18 °С
Гардеробы при душевых	23 °С
Венткамеры	12 °С
Санузлы	16 °С
Производственныеи вспомогательные помещения предприятий общественного питания	по норма- тивам
Обеденный зал	18 °С

В теплый период года.

Для всех помещений, оборудованных системами кондиционирования, температура не должна превышать +22 °С.

Для производственных и вспомогательных помещений предприятий общественного питания принять температуры по нормативам.

Техническое задание

**Система отопления**

Температурные графики: радиаторное отопление - 80 – 60 °С;

Предусмотреть в здании двухтрубные системы отопления, по возможности с попутным движением теплоносителя.

В качестве отопительных приборов использовать:

в помещениях электрощитовых – электрические конвекторы;

в остальных помещениях - стальные штампованные радиаторы;

Стальные штампованные радиаторы принять высотой не более 400 мм (в зоне подземной парковки высота не регламентируется). При размещении радиаторов у стеклянных ограждающих конструкций, использовать радиаторы высотой не более 300 мм.

Крепление радиаторов предусмотреть:

при размещении радиаторов у стеклянных ограждающих конструкций и конструкций из сэндвич-панелей на напольных кронштейнах;

в остальных местах предусмотреть настенные крепления.

На трубопроводах систем отопления предусмотреть запорную, балансировочную, сливную и воздухоотводящую арматуру. Предусмотреть также арматуру для отключения

приборов отопления и регулировки их теплоотдачи, в том числе с помощью термостатических регуляторов.

Магистральные трубопроводы систем отопления, стояки (при открытой прокладке), в технических, вспомогательных помещениях, и на лестничных клетках выполнить из стальных труб (ГОСТ 3262-75 и ГОСТ 10704-91). Стояки систем отопления при скрытой прокладке и подводки к отопительным приборам в конструкции стен и полов предусмотреть из пластиковых (РЕХ или РЕХ-А- РЕХ) труб.

В качестве теплоизоляции трубопроводов использовать:

для стальных трубопроводов минераловатные цилиндры с покрытием из алюминиевой фольги;

для пластиковых трубопроводов теплоизоляцию из вспененного полиэтилена;

для подводов к отопительным приборам гофротрубы.

### **Вентиляция и кондиционирование**

Системы вентиляции спроектировать с учетом функционального назначения помещений и их размещения.

Предусмотреть вентиляционное оборудование с секциями нагрева и охлаждения, необходимой производительности, при необходимости с изменением скорости вращения вентиляторов.

При расчете воздухообменов в зале столовой не учитывать в них курение посетителей.

Вытяжку в туалетах и подсобных помещениях принять на 50% больше норм СНиП.

Воздухообмены в остальных помещениях рассчитывать исходя из функционального назначения помещений и расчетного количества работающих и посетителей, но с кратностью не менее трёх.

В системах вентиляции использовать рециркуляцию приточного и вытяжного воздуха.

Предусмотреть системы подпора воздуха в тамбурах лестниц и коридоров (отстойников), согласно действующих НТД и ТУ по обеспечению пожарной безопасности комплекса.

На воздуховодах при пересечении противопожарных стен и перекрытий предусмотреть установку огнезадерживающих клапанов с электроприводами.

Обеспечить соблюдение норм по пределам огнестойкости транзитных воздуховодов, при необходимости предусмотреть их в виде строительных конструкций (шахт и каналов).

Материал воздуховодов:

воздуховоды приточных и вытяжных систем, а также местных отсосов - из оцинкованной листовой стали;

воздуховоды систем дымоудаления – из листовой горячекатанной стали толщиной 1 - 2 мм на сварке и приварных фланцах с уплотнением из несгораемых материалов.

Все приточные воздуховоды систем с охлаждением воздуха, подлежат теплоизоляции, для предотвращения потерь холода и образования конденсата. Также подлежат теплоизоляции все приточные воздуховоды в пределах венткамер и не отапливаемых помещений. Вытяжные воздуховоды в здании изолируются при необходимости защиты их от выпадения конденсата.

Горизонтальную разводку вентиляционных сетей выполнить в пространстве подвесного (подшивного) потолка, предусмотрев необходимые ревизии на воздуховодах.

Подачу подготовленного воздуха выполнить через линейные диффузоры и анемостаты с регуляторами расхода воздуха.

Вытяжку воздуха предусмотреть системой воздуховодов (каналов) и вытяжных решеток с регуляторами протока воздуха.

Предусмотреть мероприятия по защите от шума и вибраций.

Предусмотреть установку тепловых завес (электрических во входных тамбурах, водяных вне тамбуров):

на въезде в помещения загрузочных;

на основных входах в здание;

Предусмотреть кондиционирование в следующих помещениях:

в торговом зале;

в раздаточной и зале столовой;

в помещениях административных служб;

в серверных, диспетчерских помещениях и помещениях охраны.

Схемы охлаждения воздуха в помещениях проектировать исходя из технико-экономической целесообразности и санитарно-гигиенических норм с помощью:

вентиляторных доводчиков подключенных к системе водяного холодоснабжения;

охлаждения воздуха в приточных установках (центральных кондиционерах) обслуживающих помещения;

комбинированием первого и второго способов;

в серверных, диспетчерских помещениях и помещениях охраны предусмотреть индивидуальные сплит кондиционеры.

Увлажнение воздуха не предусматривать. Необходимость осушения определить расчетом.

### **Холодоснабжение**

В качестве источников холода для водяных систем холодоснабжения секций вентиляционных установок и вентиляторных доводчиков предусмотрены холодильные агрегаты (чиллеры) размещаемые на кровле здания. В объемы данного проекта выбор и установка чиллеров не входит.

Насосное, теплообменное и прочее оборудование водяного контура станции холодоснабжения в объем данного проекта не входит.

Предусмотреть отдельные циркуляционные насосы для контура центральных кондиционеров и контура фанкойлов, а также циркуляционный насос для работы контура фанкойлов с неполной нагрузкой в переходный период.

Для поддержания заданных температур подаваемого приточного воздуха, спроектировать гидравлические узлы для регулировки расхода холодоносителя через калориферы. Предусмотреть также регулировку производительности фанкойлов.

В серверных, диспетчерских помещениях и помещениях охраны предусмотреть сплит-кондиционеры.

Трубопроводы системы холодоснабжения проектировать из стальных и пластиковых труб с теплоизоляцией из вспененного синтетического каучука (в помещении паркинга – минераловатные цилиндры с покрытием из алюминиевой фольги).

На трубопроводах систем холодоснабжения предусмотреть необходимую запорную, балансирующую, сливную и воздухоотводящую арматуру.

Дренажные трубопроводы выполнить из пластиковых труб, с присоединением к системе хозяйственно бытовой канализации через гидрозатворы или подводом к трапам и приемкам в технических помещениях. Необходимость теплоизоляции дренажных трубопроводов, для исключения образования конденсата, определить при проектировании.

### **Кондиционирование**

Технические решения, принятые в проекте, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных проектом мероприятий.

Краткие сведения о проектируемой системе:

В настоящем проекте содержатся технические решения по холодоснабжению приточных установок и фанкойлов для магазинов и офисных помещений «Леруа Мерлен» и «Макромир».

Система холодоснабжения работает по схеме с промежуточным холодоносителем (вода). Система холодоснабжения, обслуживающая фанкойлы и холодильные секции приточных установок, запроектирована двухтрубной.

В залах магазинов и офисах «Макромир» используются кассетные фанкойлы. В офисных помещениях «Леруа Мерлен» применены консольные фанкойлы в корпусе.

Регулирование производительности фанкойлов обеспечено установкой автоматических трехходовых клапанов (с консольными фанкойлами в комплекте, с кассетными заказываются отдельно).

Для отвода конденсата от фанкойлов предусмотрена система дренажа с подключением к внутренней канализации через гидрозатвор с разрывом струи.

Назначение системы:

Проектируемая система предназначена для работы системы кондиционирования, обслуживающей помещения комплекса.

Исходные данные:

Настоящий проект холодоснабжения системы кондиционирования выполнен на основании следующих данных:

- архитектурно-строительных чертежей;
- нормативных документов, действующих на территории Российской Федерации.

#### Климатологические данные

Для проектирования системы кондиционирования приняты следующие параметры наружного воздуха (см. табл. 3).

Таблица 3

Наименование раздела	Периоды года	Параметры наружного воздуха		Примечание
		t <sub>нр</sub> , °С	I, кДж /кг	
Кондиционирование	теплый	28 отн.вл-ть 50%	62	По заданию заказчика

Барометрическое давление	1010 гПа
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха	8,7 °С
Скорость ветра	1 м/с

Расчетные параметры воздуха внутри помещений принимаются согласно таблице 4:

Таблица 4

Помещения	Теплый период года		Примечания
	Температура, °С	Относительная влажность, %	
Помещения с кондиционированием	20 ± 2	не норм.	в соответствии с техническим заданием

#### Схема холодоснабжения

Основным критерием при подборе холодильного оборудования являлась возможность снижения уровня шума от работающей машины и отсутствие контура, заполненного антифризом. Исходя из вышеуказанных условий и необходимой потребности в холоде для

снабжения потребителей, предлагается использовать две холодильные машины с выносными конденсаторами, в качестве холодоносителя использовать водопроводную воду.

Холодная вода из холодильных машин поступает с температурой +7 °С к секциям центральных воздухоохладителей и к фанкойлам. Температура обратной воды +12 °С.

Циркуляция воды в контуре осуществляется циркуляционными насосами.

Перед холодильными машинами устанавливаются сетчатые фильтры.

Для уменьшения вибраций и шумов, передающихся от оборудования по трубопроводам, насосы и холодильные машины подключаются к магистральным трубопроводам с помощью гибких вставок.

Для предотвращения падения давления в системе, связанного с уменьшением температуры воды, устанавливается расширительный бак с предохранительным клапаном.

В холодный период года, когда система кондиционирования не функционирует, из системы сливается вода. Опорожнение системы происходит через шаровые краны, установленные в нижних точках системы в существующие трапы в месте установки чиллеров.

В верхних точках системы устанавливаются воздухоотборники с автоматическими воздухоотводчиками.

### **Выбор холодильной машины**

Для уменьшения стоимости системы холодоснабжения в качестве холодоносителя предполагается использовать воду.

Мощность систем холодоснабжения принимается в соответствии с техническими данными секций охлаждения приточных установок по техническому заданию.

По технико-экономическим характеристикам были выбраны следующие холодильные машины и выносные конденсаторы фирмы "Carrier":

Магазины «Леруа Мерлен»

Холодильная машина ХМ2 30НХА 271 912,3 кВт

Выносной конденсатор ВК2.1 С7SR 12MD5 12PS 769,19 кВт

Выносной конденсатор ВК2.2 С5SR 5MS5 8PN 396,39 кВт

### **Гидравлическое оборудование**

Холодильные машины поставляются без встроенного или выносного гидромодуля.

Обвязка гидравлического холодильного контура состоит из следующих элементов:

- сетчатый фильтр,
- циркуляционный насос,
- расширительный бак,
- реле протока воды,
- манометры давления,
- предохранительный клапан,
- обратный клапан.
- регулирующий вентиль (обеспечивает оптимальный расход воды в соответствии с характеристиками установки).

В систему включен бак-аккумулятор АКВА 3000 ЕК («АКВАТЕРМ») емкостью 3 м<sup>3</sup>.

### **Объемно-планировочные решения**

Холодильные машины располагаются на отм. +15,350 в осях А-Б / 7-8.

Выносные конденсаторные блоки располагаются на отм. +15,900 в осях Б-В / 8-10.

При строительстве помещения для холодильных машин необходимо предусмотреть следующие требования:

освещение 300 лк;

гидроизоляция пола;

механическая вентиляция в количестве 3-кратного воздухообмена;  
аварийная вентиляция в количестве 5-кратного воздухообмена;  
дежурное отопление для поддержания температуры воздуха в помещении холодильных машин не менее +8 °С;

монтажный проем 1500x1800.

Подробнее см. материалы раздела АР.

Трубопроводы прямой и обратной воды прокладываются под потолком.

#### **Расчет контура хладагента**

Холодильные машины “Carrier” с выносными конденсаторами воздушного охлаждения разработаны с целью оптимизировать эксплуатацию установок, использующих для отвода тепла конденсаторы воздушного охлаждения.

Исходя из эквивалентной длины трассы фреонпровода, типа холодильной машины и мощности компрессоров, по экспериментальным характеристикам выбираются диаметры медных труб:

Магазины «Леруа Мерлен»

контур А:

газовая линия – 3 1/8”;

жидкостная линия – 2 1/8”;

контур Б:

газовая линия – 2 5/8”;

жидкостная линия – 1 5/8”.

#### **Указания по монтажу**

Трубопроводы охлажденной воды должны быть размещены скрытно, за подшивным потолком. К оборудованию и арматуре необходимо обеспечить доступ для обслуживания путем устройства лючков, либо съема панелей подвесного потолка.

Стояки и магистральные трубопроводы систем холодоснабжения с условным диаметром больше 100 мм монтируются из труб стальных электросварных по ГОСТ 10704-91, до диаметра 100 мм включительно из полипропиленовых труб PN10 WEFATHERM.

Трубопроводы системы холодоснабжения изолируются тепловой трубной изоляцией «KAIFLEX ST», толщиной 13 мм. Изолированные трубопроводы покрываются пластиковой скорлупой.

Трубопроводы гидравлического контура проложить с уклоном не менее 0,003.

Во всех нижних точках гидравлического контура устанавливаются шаровые краны для спуска воды.

Во всех верхних точках гидравлического контура устанавливаются воздухоотводчики с автоматическими воздухоотводчиками.

Для защиты от коррозии стальные трубопроводы гидравлического контура окрасить за два раза по грунту масляной краской.

Наибольший допустимый пролет трубопровода 4 м.

Трубопроводы дренажной системы выполнить из пластиковых труб.

Трубопроводы дренажной системы с условным диаметром до 32 мм включительно изолируются тепловой трубной изоляцией «KAIFLEX ST», толщиной 6 мм, больше 32 мм – толщиной 9 мм.

Трубопроводы дренажной системы проложить с уклоном не менее 0,01.

**Фреоновый контур**

Горизонтальный участок трубопровода линии всасывания должен иметь уклон в сторону всасывающего коллектора 0,005.

Монтаж контура сводится к присоединению входа и выхода конденсатора воздушного охлаждения к соответствующим патрубкам холодильной машины, монтажу фильтра-осушителя, обратного клапана, клапанов Шредера и шаровых кранов.

## Библиографический список

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».
2. СП 51.13330.2011 «Защита от шума».
3. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
4. СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения».
5. СП 131.13330.2018 «Строительная климатология».
6. СанПин 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест».
7. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
8. СанПиН 2.1.2.2645 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях.
9. ГОСТ Р ЕН 13779-2007\* Вентиляция для нежилых зданий. Требования к рабочим характеристикам для вентиляционных и кондиционерных комнатных систем (EN 13779-2007) (Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems).
10. МСН 41-02 Внутренние системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
11. СП 31 112–2004 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31 06–2009.
12. ГОСТ Р ИСО 23045-2013 Проектирование систем обеспечения микроклимата здания. Руководящие указания по оценке энергетической эффективности новых зданий.
13. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности».
14. Новосельцев Б.П., Драпалюк Н.А., Лобанов Д.В., Жерлыкина М.Н.. «Вентиляция промышленного здания». Методические указания и задания к выполнению курсового проекта для магистров направления 08.04.01 «Строительство» программа «Вентиляция промышленных предприятий и объектов топливно-энергетического комплекса» всех форм обучения.
15. Драпалюк Н.А., Кононова М.С., Андрияшкин О.О., Божко С.В. Влияние климатических условий на эффективность автоматического регулирования в системах централизованного теплоснабжения // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2020. № 1 (12). С. 54-61.
16. Influence on the Microclimate of the Number of People at Different Occupancy Temples / T.V. Shchukina, M. N. Zherlykina, N.A. Drapalyuk, R.A. Sheps // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 753 – 2020. С. 052016.
17. Qualitative and quantitative composition of gas emissions of energy-technological equipments Sazonov E.V, Drapalyuk N.A, Burak E.E, Vorob'eva Y.A В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic edition. Сер. "IOP Conference Series: Materials Science and Engineering" 2020.
18. Драпалюк Н.А., Гурбангульев А., Щукина Т.В., Драпалюк Д.А. Об эффективности регенеративных вращающихся утилизаторов теплоты для систем вентиляции// Сантехника, Отопление, Кондиционирование, С.О.К., август 2020, № 8. – С. 48-51.

УДК 629.764.7

Воронежский государственный технический университет  
студент группы РД-181 факультета машиностроения и аэрокосмической техники

Гончаров М.Г.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7-999-720-54-60

e-mail: goncharovmark1@gmail.com

Воронежский государственный технический университет

студент группы РД-181 факультета машиностроения и аэрокосмической техники

Денисенко М.С.

Россия, г. Воронеж, тел.: +7-996-451-13-41

e-mail: mdenisenko092@gmail.com

Voronezh State Technical University

Student of group RD-181 Faculty of aerospace engineering

Goncharov M.G.

Russia, Voronezh, tel.: +7-999-720-54-60

e-mail: goncharovmark1@gmail.com

Voronezh State Technical University

Student of group RD-181 Faculty of aerospace engineering

Denisenko M.S.

Russia, Voronezh, tel.: +7-996-451-13-41

e-mail: mdenisenko092@gmail.com

М.Г. Гончаров, М.С. Денисенко

## РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ АВИАЦИОННОГО БАЗИРОВАНИЯ: ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Аннотация: Данная работа содержит обоснование проектных параметров и описание общего конструктивного облика авиационно-космического комплекса. Детально рассмотрены ключевые требования к авиационному носителю и обоснован выбор типа воздушного судна. Представлены основные способы и конструктивные решения, применение которых удовлетворяет требованиям, предъявляемым к ракетной части перспективного авиационно-космического комплекса. Предложенный проект двухступенчатой ракеты космического назначения авиационного базирования представляет собой описание способа оперативного и более дешевого доступа в ближний космос для малоразмерных космических аппаратов различных сфер полезного применения. Сопоставление ключевых преимуществ и недостатков авиационного способа выведения малоразмерных космических аппаратов показало специфику и область его применимости.

Ключевые слова: воздушный старт, авиационные ракеты, сверхзвуковая авиация, технологии двойного назначения, конверсия вооружений, космическая техника, ракеты-носители.

M.G. Goncharov, M.S. Denisenko

## AVIATION-BASED ROCKET LAUNCH VEHICLES: SELECTION AND JUSTIFICATION OF DESIGN PARAMETERS

Abstract: This work contains a substantiation of the design parameters and a description of the structural appearance of the aerospace complex. The key requirements for the aircraft carrier are considered in detail and the choice of the type of aircraft is justified. The main methods and design solutions are presented that meet the requirements for the missile part of a promising aerospace complex. The proposed project of a two-stage aircraft-based space purpose is a description of the operational and cheaper access to near space for small spacecraft of various fields of useful application. Comparison of the key advantages and disadvantages of aircraft launching of small-sized spacecraft, specificity and the area of its display.

Keywords: air launch, aircraft missiles, supersonic aviation, dual-use technologies, weapons conversion, space technology, launch vehicles.

### Введение

Конец 2020-го года отметился в общественном и научном пространстве множеством событий, значимых для отечественных и зарубежных авиационной и космической отраслей. Испытательные полеты совершают новые типы воздушных судов и ракет-носителей, анонсируются новые технические проекты. Одной из значимых новинок стала презентация американской частной аэрокосмической компании Aevum, которая представила проект беспилотного летательного аппарата, являющегося частью авиационно-космической системы, способной выводить на низкую околоземную орбиту полезную нагрузку малой размерности в широком диапазоне географических точек запуска. Нет нужды подробно описывать величину оборонного потенциала этого технологического решения. Сочетая в

себе высокую экономическую эффективность и оперативную готовность, авиационно-космический комплекс такого типа позволяет в условиях глобального военного конфликта быстро восполнять потери в орбитальной спутниковой группировке аппаратов навигации, связи, управления вооружениями и войсками независимо от традиционных объектов космической инфраструктуры, что дает американским вооруженным силам новое стратегическое преимущество в потенциальном военном противостоянии с технологически развитыми государствами (Китай, РФ).

Предметом настоящего исследования является выбор и обоснование основных проектных характеристик для перспективного авиационно-космического комплекса, предназначенного для вывода полезной нагрузки малой размерности на низкую околоземную орбиту.

Проектные параметры и общий конструктивный облик

Ввиду актуальности и востребованности как целей и задач национальной обороны, так и аспектов экономической эффективности ракетно-космических систем, становится очевидной необходимость создания по меньшей мере эскизного технического проекта ракеты-носителя сверхлегкого класса, предназначенной для использования в составе авиационно-космического комплекса воздушного старта на базе самолетов типа МиГ25/МиГ31. Указанный тип воздушного судна удовлетворяет по всем ключевым характеристикам, предъявляемым к самолету-носителю авиационно-космического комплекса, а именно: высокий практический и динамический потолок, большая скороподъемность, сверхзвуковая крейсерская скорость, высокий коэффициент тяговооруженности, а также возможность крепления массивной полезной нагрузки на внешнем подвесе.

На сегодняшний день всего несколько типов воздушных судов удовлетворяют ключевым требованиям полностью или частично. Ранее для этой цели предлагались к использованию более грузоподъемные воздушные суда типа Ту-160 [1], однако их небольшая численность, высокая востребованность для стратегических сил ядерного сдерживания, значительная номинальная и эксплуатационная стоимость, а также повышенные требования к наземной инфраструктуре делают этот тип воздушных судов недоступным для осуществления подобной задачи. Разработанные и принятые на вооружение около 40 лет назад, МиГ-31 в настоящее время массово используются для нужд авиации ПВО в полярном регионе Российской Федерации, т.к. в последней модификации МиГ-31БМ возможности их бортового оборудования позволяют силами 1 авиационного звена обеспечивать прикрытие воздушного участка протяженностью до 1 тыс. км., что позволяет эффективно контролировать воздушное пространство арктических пустошей. Также с недавних пор часть имеющихся на балансе Министерства обороны бортов была подвергнута модернизации в модификацию МиГ31К в качестве носителей гиперзвукового ракетного комплекса «Кинжал» [2].

Ранее уже звучали предложения использовать воздушные суда этого типа для нужд космической обороны: в середине 1980-х началась работа над модификацией МиГ 31Д, используемого для выведения и запуска противоспутниковой ракеты 79М6 «Контакт», разработанной для поражения орбитальных аппаратов космической группировки противника. Также параллельно разрабатывался авиационно-космический комплекс «Ишим», включающий в себя в авиационной части модифицированный МиГ-31И, предназначенный для выведения малоразмерных космических аппаратов на низкую околоземную орбиту [3]. Сравнительные технические характеристики двух комплексов представлены в таблице. [4].

Как можно судить по результатам проводимых ранее работ аналогичной направленности, удовлетворение выбранным типом воздушного судна ключевым требованиям вполне очевидно. Самолет модификации МиГ-31И был способен нести на внешней подвеске массивный и габаритный груз, размеры которого достигали 10 метров в длину и около метра в поперечном сечении с летной массой до 10 тонн. Очевидно, что

грузоподъемность и энерговооруженность выбранного типа авиационного носителя вполне достаточна для вновь проектируемого типа ракеты-носителя воздушного базирования.

Технические характеристики авиационно-космических комплексов

Комплекс	30П6/ МиГ-31Д	«Ишим»/МиГ-31И
Ракета	79М6 «Контакт» - МКБ Факел	«Ишим» - МИТ
Длина	Около 10 м	Около 10 м
Диаметр	740 мм	
Масса	4550 кг	Около 10000 кг
Масса ПН	20 кг	120/160 кг
Дальность полета носителя	600 км	500 км
Пусковая скорость носителя	2.55 М	
Высота точки пуска	15-18 км	
Высота орбиты ПН	От 120 км	При массе 120 кг – 600 км При массе 160 кг – 300 км
Угол наклона орбиты ПН	50-104°	46°

В настоящее время проходят испытания противоспутниковых комплексов нового поколения, однако перспектива использования авиационно-космических средств для оперативного восполнения орбитальных группировок освещена недостаточно широко. Их ключевое стратегическое преимущество в численности и гибкости размещения во многом остается недооцененным. Ввиду того, что большая часть международных соглашений РФ о наступательных вооружениях либо завершена по истечению срока действия, либо расторгнута досрочно сторонами в одностороннем или двустороннем порядке, налицо имеется перспектива последовательной милитаризации космического пространства [5]. Поддержание паритета требует последовательного нивелирования стратегических преимуществ участников международного сообщества посредством разработки и внедрения собственных средств, причем желательно – ценой наименьших затрат времени и ресурсов. Именно таким решением является использование устаревающих и подлежащих скорой замене истребителей типа МиГ31 как авиационных носителей ракет космического назначения. Проводимые сегодня на данном этапе проектно-конструкторские работы проекта «ПАК ДП» с течением времени позволят в ходе обновления материально-технической части авиации ПВО сократить штатную численность истребителей типа МиГ-31, что позволит высвободить большее число машин для потенциального переоборудования в носители. Дополнительным (альтернативным) решением для гражданского применения является возможность использования образцов экспортной модификации МиГ-31Э, производимой корпорацией РСК «МиГ» и в настоящее время. По авиационной части представляется возможным использовать в качестве носителей воздушные суда типа МиГ-31 (см. рисунок 1).

Требования к минимизации изменений, вносимых в бортовое радиоэлектронное оборудование, обеспечивают высокий уровень оперативной готовности авиационного носителя к пуску, сокращение времени на предполетную подготовку и отсутствие необходимости держать на балансе специализированную единицу летной техники для узкоспециализированной задачи. Также это позволяет расширить список возможных аэродромов базирования и, тем самым, географию потенциального применения авиационно-космического комплекса. Это, в свою очередь, делает отечественную оборонную космическую инфраструктуру менее уязвимой для гиперзвуковых вооружений противника в случае инициации вооруженного конфликта [6].



Рис. 1. Предполагаемый вид перспективного авиационно-космического комплекса.

По части ракеты космического назначения, помимо общих требований, обычно предъявляемых к изделиям подобного рода, также существует ряд ключевых требований, уточняющих конструктивный облик изделия. Разрабатываемая ракета-носитель космического назначения, наиболее полно соответствующая всем перечисленным требованиям, имеет две последовательно соединенные ступени, каждая из которых состоит из одного ракетного блока. Тип разделения ступеней – горячий с применением окон и конусовидного экрана в переходном отсеке первой ступени. Внешний габаритный размер ракетных блоков ступеней одинаковый – это позволяет достичь лучшей аэродинамической устойчивости [7]. Ввиду большого отношения массы первой ступени к массе второй, центр тяжести находится в верхней трети полезного объема первой ступени, а потому силовые элементы и элементы крепления ракеты-носителя к самолету-носителю также размещены на корпусе первой ступени [8]. Космическая головная часть, размещенная на второй ступени, включает в себя головной обтекатель, платформу для крепления полезной нагрузки и опционально включает в себя разгонный блок, адаптированный для запусков с самолета-носителя.

Маршевые двигательные установки каждой ступени оснащены жидкостными ракетными двигателями с сопловыми насадками, оптимизированными для работы в условиях внешнего давления, соответствующего точке инициации работы (для стартового двигателя такая точка располагается в диапазоне высот от практического до динамического максимумов). Маршевая двигательная установка должна иметь управляемый вектор тяги. При необходимости, ракета космического назначения помимо управляемого вектора тяги также может быть оснащена прочими узлами, предназначенными для управления перемещением в воздушном пространстве, такими как стабилизаторы, газовые рули и т.д.

Маршевые ДУ обеих ступеней предполагаются к использованию на общих топливных компонентах, где горючим компонентом является авиационное топливо самолета-носителя. Причем, возможны к дальнейшему рассмотрению и другие топливные компоненты, если задача термостабилизации баков с криогенным окислителем будет чрезмерно требовательной по массе и габаритам необходимого к размещению на борту самолета-носителя криогенного оборудования.

К топливным бакам предъявляется множество специфических требований. Баки имеют цилиндрическую форму и совмещенные, термически изолированные днища, разделяющие объемы с топливными компонентами один от другого. Для обеспечения соблюдения температурного режима в баках окислителя, баки должны быть надлежащим образом термически изолированы от окружающей среды. Толщина теплоизолирующей перегородки должна быть достаточной для сокращения процессов теплопередачи между компонентами. Эта мера необходима для обеспечения и поддержания режима температуры, давления и массы содержимого в баке окислителя от момента старта самолета-носителя до достижения точки сброса ракеты-носителя и запуска ее собственной двигательной установки. Топливным бакам необходимо выдерживать не только продольные, но и поперечные нагрузки ввиду того, что заправка, взлет и выведение к точке запуска происходят в пространственном положении, сильно отличном от традиционного для ракет космического назначения, для чего внутри баков предусмотрены соответствующие конструктивные элементы силового каркаса. Также внутри пространства баков располагаются диафрагмы – пластины с массивом отверстий, расположенные в плоскостях поперечных сечений баков и препятствующие возникновению возмущений и колебаний массы топливных компонентов в баках. Всем перечисленным условиям наиболее полно удовлетворяет несущий моноблочный корпус, выполненный из авиационных алюминиевых сплавов с применением композитных материалов, подобный тем, что применяются в настоящее время на сверхзвуковых крылатых ракетах военного назначения.

Ключевое требование к конструкции головного обтекателя аналогично таковому у ракет-носителей вертикального старта – минимальная масса при максимальном внутреннем объеме. Ввиду того, что точка запуска располагается на высоте выше 20 км при давлении окружающего воздуха менее 6 кПа, представляется возможным выбрать в конусовидной части головного обтекателя угол конусности, значительно больший, чем обычно выбирают для авиационных ракет, эксплуатируемых на крейсерских скоростях выше 2М [9]. В этом случае основная энергетическая нагрузка при движении в плотных слоях ложится на носитель, а при включении собственной двигательной установки ракета-носитель уже находится на границе стратосферы, где аэродинамическое сопротивление меньше нормального на порядок [10]. Рассоединение, кабрирование и отдаление створок головного обтекателя производится от изначального положения до положения закритических углов атаки набегающего потока, с последующим отдалением на безопасное для полета носителя расстояние – осуществление этого процесса возлагается на систему разведения створок, включающую в себя пиропатроны, пироболты и другие необходимые элементы.

#### Ключевые преимущества

Минимальные инфраструктурные издержки связаны с тем, что пусковой платформой является самолет-носитель, которому достаточно иметь взлетно-посадочную полосу, удовлетворяющую требованиям данного типа воздушных судов. Благодаря этому ареал возможного применения комплекса куда шире, чем таковой у космических ракетных комплексов традиционного, вертикального старта. Наиболее энергетически выгодной является летная инфраструктура аэродрома военно-морской базы Камрань (республика Вьетнам), которая ранее эксплуатировалась Министерством обороны РФ и располагается на 11°59'58" северной широты. Это расположение существенно выгоднее самого южного из имеющихся отечественных объектов космической инфраструктуры – космодрома Байконур, оно позволит получить наилучшие энергетические характеристики в перспективном авиационно-космическом комплексе за счет максимального использования вращения Земли.

Расположение базы на побережье делает отчуждение районов падения отработавших ступеней более простой задачей за счет того, что предполагаемые районы падения приходится на нейтральные воды Южно-Китайского моря. В конечном итоге, выбор точек размещения и эксплуатации комплексов в целом будет зависеть от характера его использования (пуски в интересах оборонных, коммерческих или исследовательских задач), доступности транспортной и топливной инфраструктуры, а также уровня дипломатических взаимоотношений страны-оператора и партнерских государств.

Подобная технология оперативного развертывания космических аппаратов предоставляет дополнительные оперативные возможности отечественной орбитальной группировке космических аппаратов – способность в считанные часы с нуля развернуть минимально необходимую группировку для связи, навигации и управления войсками и вооружением защищает вооруженные силы государства от системного коллапса, возможного при космических авариях, сопровождающихся образованием масштабных облаков осколков и космического мусора, вызванных техногенными, природными причинами, или в случае акта военной агрессии.

Коммерческое использование авиационно-космических комплексов позволит сделать кластерные запуски малых космических аппаратов еще более доступными – создание ракеты авиационного базирования предполагается с применением технологий, удешевляющих изготовление товарных партий, а все инфраструктурные и пусковые затраты сводятся к стоимости содержания и летной эксплуатации самолета-носителя на аэродроме базирования. Запуск на экваториальные орбиты с малыми углами наклона может быть востребован научно-исследовательскими миссиями, поскольку позволяет размещать полезную нагрузку на орбите таким образом, что траектория полета не будет пересекать Южно-Атлантическую магнитную аномалию, что может иметь существенное значение для многих научных задач.

#### Основные недостатки

Существенным недостатком всех типов ракет-носителей авиационного базирования является плохая масштабируемость применяемых технических решений – энергетически выгодными ракеты воздушного старта остаются только в малых линейных и массовых габаритах, и, как следствие, с малой грузоподъемностью. Зависимость количества необходимого топлива от величины приращения скорости, известная по уравнению Циолковского, справедлива для всех видов устройств, использующих реактивный принцип движения, и в данном случае она предопределяет экспоненциальный рост требований к самолету-носителю по мере увеличения предела выводимой на орбиту полезной нагрузки. Однако учитывая существенный прогресс в проектировании и производстве продукции космического приборостроения, а также специфике возлагаемых на предполагаемую нагрузку оборонных, коммерческих и научных задач (аппараты с малыми сроками активного существования), а также благодаря низкой производственной и пусковой стоимости, это ограничение не является существенным. Также недостатком малого носителя является его соразмерно малая грузоподъемность – большая часть производимых серийно космических аппаратов коммерческого и оборонного назначения имеют массу более 1 тонны, и потому в текущем виде не могут выводиться на целевые орбиты с помощью носителей такого класса. Потребуется провести дополнительные исследования в области проектирования и производства малых и сверхмалых космических аппаратов, их адаптации под нынешние и перспективные задачи экономики, исследований и национальной обороны.

#### Заключение

Создание ракеты-носителя, предназначенной для воздушного старта, на основе уже существующих и перспективных технологий проектирования и производства ракетно-космических систем позволит расширить оперативные возможности отечественной орбитальной группировки военного назначения, а также сделать более гибким спектр предлагаемых услуг для глобального рынка космических запусков. Разрабатываемый авиационно-космический комплекс не только позволяет дополнительно снизить стоимость выведения полезной нагрузки ракетами-носителями такого класса, но и значительно

расширяет географию их применения за счет развитой сети аэродромов возможного базирования авиационных носителей. Создание технического проекта изделия такого рода по меньшей мере привнесет некоторое равновесие в баланс стратегических оборонных технологий за счет одной лишь только демонстрации уровня научной и производственной компетенции. Однако последовательное развитие проекта до уровня промышленного производства, принятия на вооружение и дальнейшей летной эксплуатации позволит нарастить арсенал отечественных средств выведения для запусков гражданского и оборонного назначения, увеличит оперативные возможности отечественной орбитальной группировки.

#### Библиографический список

1. Корнеев В. М., Деев В. А., Федоренко Р. В. Анализ систем воздушного старта космических объектов //Технические науки—от теории к практике. – 2015. – №. 12 (48).
2. Хряпин А. Л., Евсюков А. В. Роль новых систем стратегических вооружений в обеспечении стратегического сдерживания //Военная мысль. – 2020. – №. 12.
3. Балакин В. Л., Потапов В. И. Траектории движения сверхзвукового самолёта как первой ступени авиационно-космической системы //VESTNIK of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering. – 2009. – Т. 8. – №. 2. – С. 7-13.
4. «Ишим» не полетит [Электронный ресурс]: Казахстан принял решение о закрытии программы по созданию комплекса запуска малых космических аппаратов, Верхотуров Д., 2007. Режим доступа - URL: [https://expert.ru/kazakhstan/2007/24/kosmicheskie\\_apparaty/](https://expert.ru/kazakhstan/2007/24/kosmicheskie_apparaty/)
5. Гладышевский В. Л., Горгола Е. В., Звягинцев С. А. К оценке эффективности функционирующего военно-экономического потенциала США и России в XXI веке. Часть I //Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14. – №. 4 (361).
6. Михайлов Д. В. Война будущего: возможный порядок нанесения удара средствами воздушного нападения США в многосферной операции на рубеже 2025-2030 годов //Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2019. – №. 12.
7. Леонов А. Г., Прохорчук Ю. А. Особенности компоновочных и аэродинамических схем летательных аппаратов при больших сверхзвуковых скоростях //Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – №. 3 (15).
8. Кузякин Ю. П., Кузякин Ю. П. Воздушный старт ракет-носителей с верхней части фюзеляжа самолета. – 2008.
9. Еремин А. Ф. Моделирование механики нагружения в полете головного обтекателя скоростного летательного аппарата //Молодежный научно-технический вестник. – 2016. – №. 5. – С. 3-3.
10. Пресняков С. В. и др. О влиянии физических ограничений на дальность полета гиперзвукового летательного аппарата //Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – №. 7 (700).

УДК 528.74

Воронежский государственный  
технический университет  
студент группы МАИС-201  
строительного факультета  
Щербатых Ю.О.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)-950-55-85  
e-mail: shcherbatykh.yulya@mail.ru  
Воронежский государственный  
технический университет  
Попов Б.А.  
Россия, г. Воронеж, тел.: +79155472794  
e-mail: [b.p.geo@yandex.ru](mailto:b.p.geo@yandex.ru)

Voronezh State Technical University  
Student of group MAIS-201  
faculty of building  
Shcherbatykh Yu.O.  
Russia, Voronezh, tel.: +7(952)-950-55-85  
e-mail: shcherbatykh.yulya@mail.ru

Voronezh State Technical University  
Popov B.A.  
Russia, Voronezh, tel.: +79155472794  
e-mail: [b.p.geo@yandex.ru](mailto:b.p.geo@yandex.ru)

Ю.О. Щербатых, Б.А. Попов

## ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И РЕГИСТРАЦИИ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Аннотация: Статья посвящена применению фотограмметрии для исполнительных съемок в строительстве.

Ключевые слова: фотограмметрические съемки, исполнительные съемки, монтажный горизонт, базис фотография, инфракрасное изображение.

Yu.O. Shcherbatykh, B.A. Popov

## THE USE OF PHOTOGRAMMETRIC METHODS FOR THE PREPARATION OF EXECUTIVE DOCUMENTATION AND REGISTRATION OF THE STATE OF CONSTRUCTION WORKS

Annotation: The article is devoted to the application of photogrammetry for executive surveys in construction

Keywords: photogrammetric surveys, executive surveys, installation horizon, photography basis, infrared image.

**Введение.** Составление отчетных документов является важным этапом завершения всех строительно-монтажных работ, особенно больших и сложных инженерных сооружениях.

Подобная информация крайне необходима. Она позволяет установить точность строительно-монтажных работ, выявить отклонения от проекта и устранить выявленные дефекты монтажа строительных конструкций. Опираясь на ее результаты, происходит оценка качества строительно-монтажных работ и регулирование всего технологического процесса строительства по обеспечению прочности и устойчивости здания в целом.

При этом особое внимание обращается на контроль элементов сооружения, которые после завершения строительства будут засыпаны грунтом, залиты водой или забетонированы, то есть станут недоступными для визуального анализа и непосредственных измерений (фундаменты, инженерные коммуникации).

Ряд традиционно учитываемых параметров исполнительных съемок можно получить только после выполнения большого объема полевых работ, причем такие работы часто приходится проводить в зоне монтажа, что нарушает правила техники безопасности.

Исполнительная техническая документация сложных инженерных сооружений и подземных коммуникаций, как правило, имеют очень высокую насыщенность.

Такая техническая документация воспринимается с трудом, от внимания ускользают мелкие, но значимые детали, что создает затруднения проектировщикам, эксплуатирующим организациям и контролирующим органам.

Авторы считают, что в подобных случаях, в дополнение к традиционным техническими чертежам, целесообразно использовать наглядные фото или стереофотоизображения строительных конструкций и их элементов. Кроме того, сложную строительную

конструкцию гораздо удобнее анализировать по масштабированным фотоизображениям и стереомоделе, чем по чертежу.

При анализе таких изображений у наблюдателя появляется возможность изучать объемную модель сооружения, детали которого представляют собой пространственное изображение сразу в трех проекциях. Это даст возможность полнее и точнее оценить взаимное положение и геометрические параметры строительных конструкций. Фотосъемка дает возможность очень быстро получить исходный материал для составления точных исполнительных чертежей.

**Основная часть.** При использовании снимков, выполненных в невидимой зоне спектра, например, в инфракрасном диапазоне длин волн (2–4 мкм) (светофильтры В+W 093; Ноуа R72), может быть получена ценная и документально подтвержденная информация о техническом состоянии строительных конструкций, возникающих в них напряжениях, скрытых трещинах и качестве строительно-монтажных и теплоизоляционных работ (рис.1, 2). При использовании фотоснимков появляется дополнительная возможность зафиксировать исходное состояние территории строительства, а затем наглядно оценить воздействие строящегося объекта на окружающую среду, создать трехмерные модели местности с учетом географических особенностей территории.

Подобная важная информация не учитывается традиционными способами контроля и в настоящее время не фиксируются в строительной исполнительной документации [1]

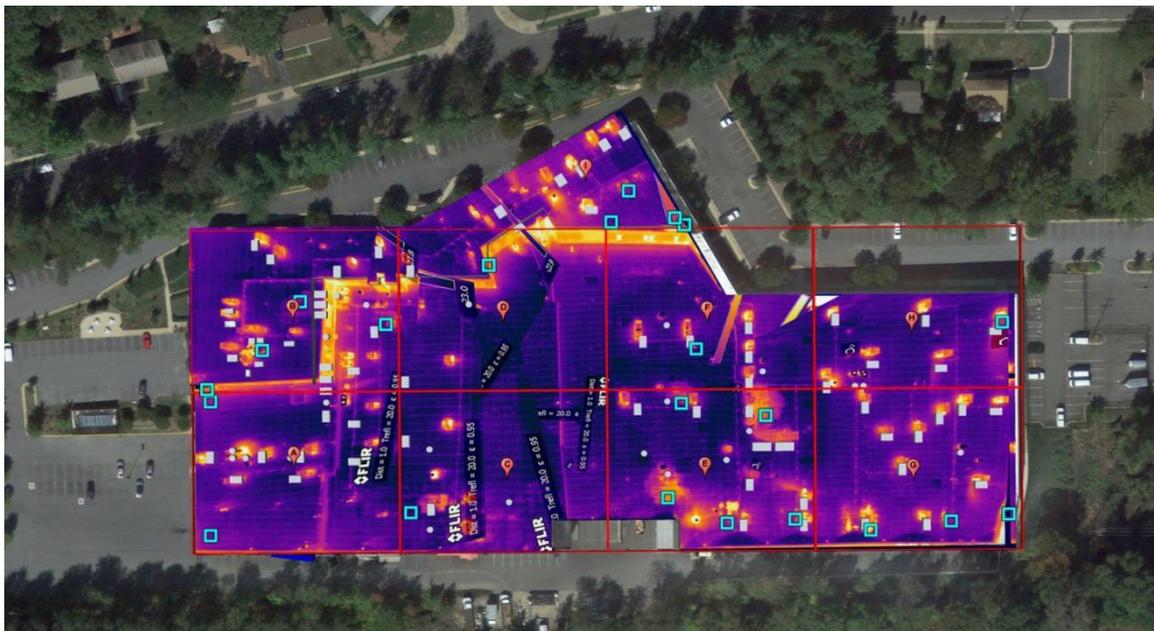


Рис. 1. Наблюдение за ходом строительства с БПЛА с помощью ИК съемки.

Такой комбинированный подход к объединению геометрических и физических параметров строительных конструкций позволяет создать наглядный и точный исполнительный документ, не только содержащий сведения о выявленных отклонениях от проекта, но и целый ряд важных дополнительных сведений о качестве монтажных работ и внутреннем состоянии строительных конструкций

При этом появляется возможность выполнения особенно ценных повторных проверок точности и качества проведенных работ, которая может быть воспроизведена в любое время, даже после сдачи объекта в эксплуатацию. В том числе повторному контролю по фотоснимкам могут быть подвержены уже скрытые под землей фундаменты и инженерные коммуникации.

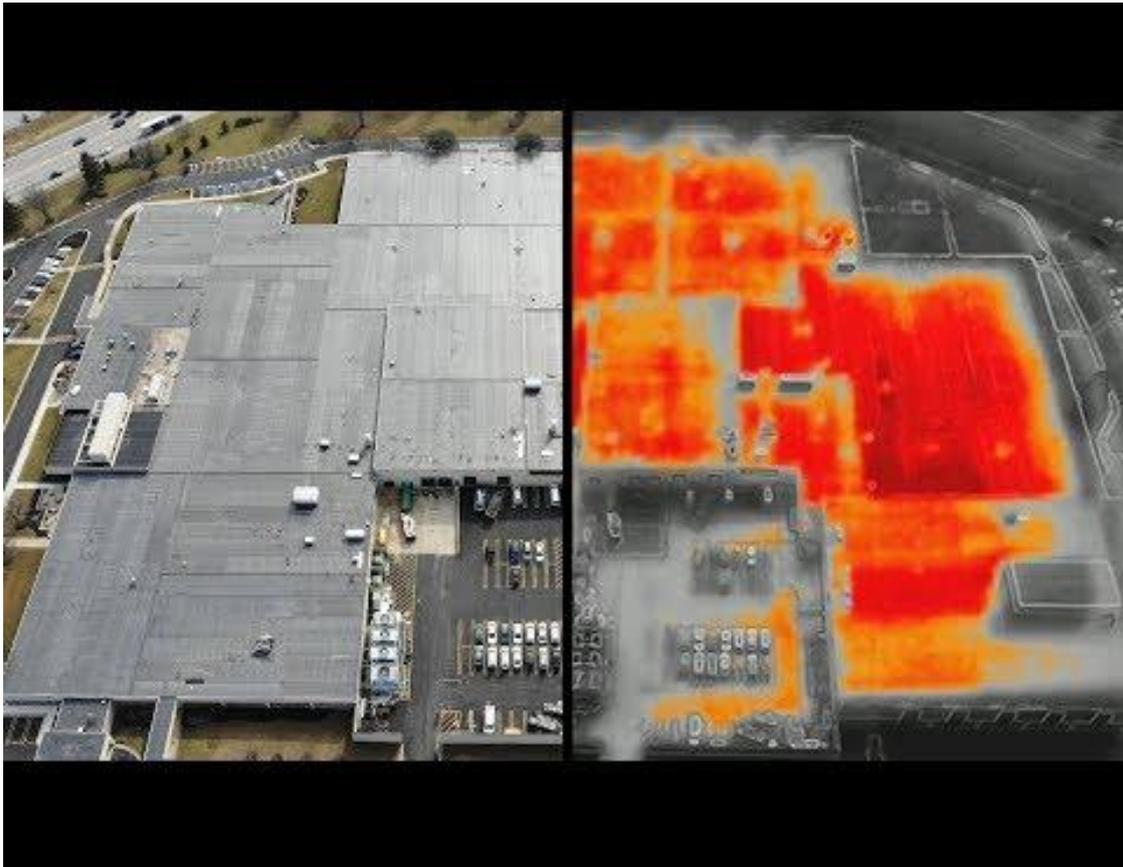


Рис. 2. Термосканирование качества строительного-монтажных работ с БПЛА.

Аэрофотосъемка, осуществляемая с квадрокоптера, позволяет с высокой степенью детализации отследить все этапы строительства, прокладку дорог и инженерных коммуникаций, благоустройство прилегающей территории. С высоты можно наглядно оценить объект в целом, информативно показать одним фотоснимком все этапы строительства, выбрать удобный подъезд автотранспорта. При использовании материалов стереоскопической фотосъемки обеспечивается возможность метрического контроля выполненных работ, например, определение глубины траншеи, объема перемещенного грунта, проведения инвентаризации строительных материалов, контроля точности монтажа крупнопанельных зданий, определения соосности стеновых панелей и многое другое.

Полученные фотоматериалы могут быть успешно использованы, при оформлении многих видов технической отчетности, как наглядное и документальное доказательство количества и качества выполненных работ.

Фотограмметрические методы позволяют создавать точные и наглядные фотопланы труднодоступных и опасных объектов и элементов строительных конструкций в любом масштабе. По материалам стереофотосъемки можно изучать поведение моделей сложных узлов и конструкций, вести мониторинг деформаций зданий и сооружений.

Специализированная многозональная фотосъемка с использованием дронов поможет выявить особенности целого ряда технологических процессов строительства, оценить результаты применения различных строительных материалов, осуществить картографирование землепользования, создать оригинальную презентацию для общения с инвесторами и партнерами.

Важным является то, что эти работы осуществляются вне зависимости от особенностей ландшафта, загруженности строительной площадки и без остановки производства.

Причем, из фотоизображения, если это потребуется, можно получить традиционный технический документ, как в электронном, так и в бумажном виде. Технология этого процесса хорошо известна. Достаточно лишь на снимке или мониторе компьютера обвести

необходимые детали, а фотоизображение убрать с монитора или смыть со снимка специальным составом.

Процесс исполнительной фотосъемки строительных объектов не представляет сложности. Для ее выполнения необходимо иметь откалиброванную цифровую фотокамеру, компьютер и соответствующее программное обеспечение.

Один из стандартных методов фотограмметрической съемки выбирается в зависимости от требуемой точности проводимых измерений, наличия приборов и оборудования, а также программного обеспечения.

Чаще всего, в результате съемки бывает необходимо получить стереомодель строительного объекта или конструкции. В этом случае, съемку следует выполнять с разных точек базиса. Оптимальное значение базиса при съемке строительных конструкций обычно принимается равным длине исследуемой конструкции по оси X (рис. 3).

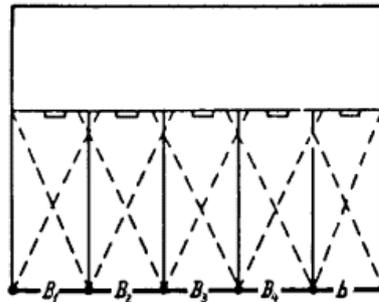


Рис. 3. Оптимальное значение базиса при съемке строительных конструкций.

Максимальная величина базиса  $B_{\text{макс}}$  может быть вычислена по формуле

$$B_{\text{макс}} = \frac{1}{4} Y_{\text{меч}} = 0,25 Y_{\text{меч}}, \quad (1)$$

Координаты точек фотографирования и направления съемочных базисов должны быть привязаны к пунктам строительной сетки или другим опорным геодезическим сетям, имеющимся на объекте.

Контрольные марки на сооружении (рис. 4) располагаются в местах, обеспечивающих требуемую точность и решение задачи исследования.

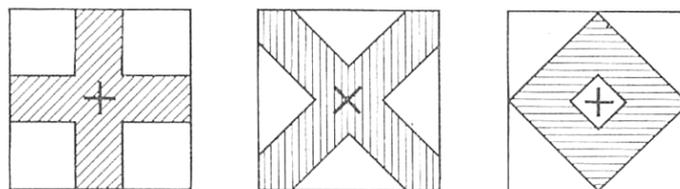


Рис. 4. Варианты контрольных марок.

Величина максимального отстояния  $Y_{\text{макс}}$  камеры от объекта зависит от назначения и точности съемки. Так, если работы выполняются с целью определения только координат X и Z, то отстояние определяется по формуле

$$Y_{\text{макс}} = f \frac{m_{x,z}}{\sqrt{m_{x,z}^2 + m_p^2}} = f \frac{m_{x,z}}{m_{x,z} \sqrt{1 + \left(\frac{m_p}{m_{x,z}}\right)^2}}. \quad (2)$$

где  $m_p, m_x, m_z$ , зависят от типа фотокамеры и могут колебаться от 0,005 до 0,02 мм.

Пространственные фотограмметрические координаты необходимых точек объекта или строительной конструкции при нормальном случае съемки определяются по известным формулам (3):

$$Y = B_t \frac{f}{p_t}; \quad (3)$$

$$X = B_t \frac{x_t}{p_t};$$

$$Z = B_t \frac{z_t}{p_t};$$

где  $B$  – базис фотографирования;  $f$  – фокусное расстояние камеры;  $p$  – величина продольного параллакса;

Перейти от пространственной фотограмметрической системы координат к геодезической, можно, используя формулы (4):

$$\begin{aligned} X_{\Gamma} &= X_{\text{СЛ}} + Y \cos A - X \sin A; \\ Y_{\Gamma} &= Y_{\text{СЛ}} + Y \sin A + X \cos A; \\ Z_{\Gamma} &= Z_{\text{СЛ}} + Z + (k + r), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $X_{\text{СЛ}}, Y_{\text{СЛ}}, Z_{\text{СЛ}}$  - геодезические координаты левого центра проекции;

$A$  - дирекционный угол оси  $Y$  фотограмметрической системы координат;

$k + r$  - поправка на кривизну Земли и рефракцию.

Точность измерений, после обработки фотоснимков, составляет порядка 1-2 мм.

Фотограмметрическая съемка крупных объектов строительства, выполненная в оптимальных условиях, обладает рядом преимуществами по сравнению с традиционной геодезической съемкой. При фотограмметрической съемке значительно сокращаются объем и время полевых работ. Фотосъемка строительных объектов может выполняться как профессиональным оборудованием, так и любительскими фотокамерами (при наличии соответствующих программ обработки). Это позволяет выполнить исполнительную съемку самых труднодоступных элементов сооружения. Результаты фотограмметрической съемки обладают большей наглядностью и информативностью, материалы, полученные в ИК зоне спектра, дают большой объем дополнительной информации о внутреннем состоянии отдельных строительных конструкций и всего сооружения в целом.

**Заключение.** Из сказанного можно сделать вывод, что методы фотограмметрии могут с успехом использоваться при создании различной технической и исполнительной документации (исполнительные фотосхемы и трехмерные модели отдельных строительных конструкций, фасадов зданий, монтажных горизонтов). Перечень задач, решаемых с использованием цифровой фотограмметрии, очень обширен и зависит от требований конкретной производственной организации. Причем, фотограмметрия может применяться как основной и как дополнительный метод фиксации состояния строительных конструкций, что, несомненно, будет способствовать переходу к более эффективной системе контроля и повышения качества строительных и реставрационных работ.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р 51872-2002 Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2002
2. 27 ГОСТ 21.101-97. СПДС Основные требования к проектной и рабочей документации.
3. ГОСТ Р 51872-2002. Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения.
4. Постановление Правительства РФ от 05.03.2007 N 145 "О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий"
5. Буянов, В. И. Методы обследования и усиления аварийных строительных конструкций / В. И. Буянов, Б. А. Попов. – Воронеж: ВГАСУ, 2008. – 85 с.

6. Воронов, А. А. Комплексный геотехнический мониторинг зданий и сооружений воронежской атомной станции теплоснабжения / А. А. Воронов, Б. А. Попов // Студент и наука. – 2018. – № 4(7). – С. 15–21.
7. Буянов, В.И., Попов Б.А. Термографический контроль энергоэффективности зданий. Уч. пособие. Воронеж 2015, 58с.
8. Спириденко А.А. 3D лазерное сканирование строительных конструкций / А.А. Спириденко, А.В. Горина, Н.Б. Хахулина // Студент и наука. 2018. № 4. С. 53-60.
9. Мелькумов В.Н. Перспективы применения геодезических методов наблюдения за деформациями пневматических опалубок/ В.Н. Мелькумов, А.Н.Ткаченко, Д.А. Казаков, Н.Б. // Хахулина Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2015. № 1 (37). С. 51-58.
10. Grabovy P.G. Monitoring the Stress State of Frame Structures of Buildings and Structures Under The Influence of Operational Load On Construction Sites / P.G. Grabovy, Yu.G.Trukhin, N.I. Trukhina // Real Estate: Economics, Management. 2019. № 2. С. 46-52.
11. Баринов В.Н., Геоинформационное обеспечение земельных ресурсов и объектов недвижимости / В.Н. Баринов, Н.И. Трухина, С.А. Макаренко // В сборнике: Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства. Материалы I международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров вгау. 2019. с. 38-43.
12. Рыжков К.А. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов в геодезических работах / К.А. Рыжков, А.В. Горина, И.В. Нестеренко, В.А. Костылев, Н.Б. Хахулина // Студент и наука. 2019. № 1. С. 83-87.

**Научное издание**

**СТУДЕНТ И НАУКА**

**Научный журнал**

**Выпуск № 1 (16)**

В авторской редакции

Дата выхода в свет: 31.03.2021. Формат 60x84 1/8. Бумага писчая.

Усл. печ. л. 11,4. Уч.-изд. л. 8,4.

Тираж 40 экз. Заказ №

Цена свободная

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84