

ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

СТУДЕНТ И НАУКА

Научный журнал

Выпуск № 4 (15), 2020

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

16+

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО	4
В.А. Дедов, Е.В. Кокорина	4
МЕТОД СОЦИАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ, КАК ПЕРЦЕПТИВНЫЙ АППАРАТ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	4
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	9
О.И. Иноземцева, О.В. Корницкая	9
РАЗВИТИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ	9
В.В. Фурсова, Н.И. Трухина	14
ОЦЕНКА И УЧЁТ ФАКТОРОВ РИСКА ПРИ ОБОСНОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННО – СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ	14
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	19
Т.А. Модина, О.В. Кащенко	19
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД	19
М.Н. Жерлыкина, О.А. Мезго	23
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЯ В ЦЕХАХ	23
Д.Д. Киселёва, Н.И. Рубцов, С.А. Винокуров	33
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА В СИСТЕМЕ С БЕСКОНТАКТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА	33
Т.П. Ермолина, Б.А. Попов	37
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕНОВ ДЫМОВЫХ ТРУБ РОСТОВСКОЙ ТЭЦ	37
М.Р. Дашина, Б.А. Попов	43
ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ ИВАНЬКОВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ	43
Л.В. Вербицкая, Б.А. Попов	52
КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОРЬКОВСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	52
А.Л. Кувшинкин, Н.Б. Хахулина, И.В. Нестеренко	61
О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ	61

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 72.01:316.77

Воронежский государственный технический университет
студент группы мАРХ-201 факультета архитектуры и градостроительства
Дедов В.А.
Россия, г. Воронеж
тел.: +7 (910) 283-71-51
e-mail: dedov.viktor@inbox.ru

Voronezh State Technical University
Student of group mARH-201 Faculty of Architecture and Urbanism
Dedov V.A.
Russia, Voronezh,
tel.: +7 (910) 283-71-51
e-mail: dedov.viktor@inbox.ru

Воронежский государственный технический университет
канд. архитектуры, доцент кафедры теории и практики архитектурного проектирования
Кокорина Е.В.
Россия, г. Воронеж,
тел.: +7(473)271-54-21

Voronezh State Technical University
Candidate of Architecture, Associate professor the Department of theory and practice of architectural design
Kokorina E.V.
Russia, Voronezh,
tel.: +7(473)271-54-21

В.А. Дедов, Е.В. Кокорина
**МЕТОД СОЦИАЛЬНЫХ КОММУНИКАЦИЙ, КАК ПЕРЦЕПТИВНЫЙ АППАРАТ
АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Аннотация. В статье изложен новый метод анализа и профессиональной рефлексии в архитектурном проектировании. Метод основан на рассмотрении информационной составляющей всех компонентов проекта и представлении процессов, как передачи информации. Архитектурное проектирование, превращаясь в информационное поле, раскрывается через идеи и смыслы, отдаляясь от предметно-визуального их отражения. Такой подход помогает повысить качество концепций, компонентов проекта и коммуникации участников проектирования между собой и со зрителями.

Ключевые слова: метод, социальная коммуникация, перцепция, архитектура, проектирование.

V.A. Dedov, E.V. Kokorina
**SOCIAL COMMUNICATION METHOD AS A PERCEPTUAL APPARATUS OF
ARCHITECTURE DESIGN**

Introduction. The article describes a new method of analysis and professional reflection in architectural design. The method based on considering the information essence of all components and presenting processes as information transfer. Architectural design, turning into an information system, is revealed through ideas and meanings, moving away from their object-visual reflection. This approach helps to improve the quality of concepts, project components and social communication between design participants, between design participants and viewers.

Keywords: method, social communication, perception, architecture, design.

Терминология.

В данной статье под методом понимается совокупность приёмов освоения действительности, а также путь постижения предмета изучения [1, с. 628]. Социальная коммуникация рассматривается, как «специфический акт обмена информацией, процесс передачи эмоционального и интеллектуального содержания», имеющего цель «оказать на получателя то или иное воздействие», передавая сообщение [2, с. 10]. Метод социальных коммуникаций (далее МСК) трактуется, как направленный на объект комплекс действий, рассматривающий информационно-смысловую составляющую процессов и явлений, выявляя их надобъектные взаимосвязи.

Термин перцепции используется в значении восприятия, а именно процессов «систематизации, интерпретации и осмысления информации, поступающей от сенсорных

систем», в которых участвуют понятия смысла, взаимосвязи, контекста, субъективной оценки, опыта и памяти [3, с. 814]. Под аппаратом понимается система терминов, теоретический инструментарий в идейном значении метода (не путать с физическим инструментом или устройством). Перцептивный аппарат в данном случае будет являться теоретически обоснованным средством профессиональной рефлексии.

Архитектурное проектирование принимается в значении общего процесса активной практической деятельности, характеризующейся в современном понимании «взаимосвязью архитектурного и информационного пространств», где второе становится ультрасовременным, а именно интерактивным, адаптивным и динамичным [4, с. 76].

Предпосылки формирования метода.

МСК сформировался на почве активного конкурсного и коммерческого проектирования, многие явления которого требовали теоретического обоснования в том числе в существующей теории коммуникативного пространства творческого процесса, где креативной составляющей языка служит архитектурный Рис. [5]. Существенную долю таких явлений составляют проблемы, связанные с нахождением общего языка участников команды, формированием единой концепции, подчинением отдельных частей проекта единой концепции, донесением сути концепции на публичных презентациях, оценкой значимости проектных решений, оценкой степени и качества проработки проекта.

Изучение природы развития этих проблем и их влияния на конечный продукт привёл к формированию особого практического метода. Такой ответ на актуальные запросы современного состояния архитектуры сформулирован, как новая парадигма мышления, в значении интерпретирующей мир системы координат, дающей возможность устанавливать связь между фактами [6, с. 12].

Суть метода.

Всё в проектировании рассматривается погружённым в информационное поле коммуникации – субъекты/объекты, как источники, хранители и передатчики информации; а процессы, как создание, изменение, передача и восприятие информации. Это позволяет сместить центр от выраженных в предмете кодов, как результатов творческой деятельности, «несущих эмоционально-смысловую информацию» [7, с. 142], к самой этой информации.

Такой подход формирует новый способ восприятия проектной деятельности и компонентов проекта, который методологически обосновывает различные, почти эфемерные процессы в архитектуре, на которые раньше закрывали глаза в виду отсутствия «единицы измерения», которой сегодня, в эпоху постиндустриального общества, стала информация. Большое значение это имеет для развития практической деятельности, где цель эффективного и продуктивного решения поставленных задач достигается посредством адаптации «ценностей» МСК.

Тезисы метода.

Главный тезис коммуникации внутри проекта – все проектные решения должны быть подчинены единой концепции; как следствие, необходимо исключить информационно-смысловые «шумы» и «помехи», мешающие восприятию замысла архитектора.

Главный тезис коммуникации проекта со зрителем (презентация без голоса) – проект должен раскрывать замысел по такому сценарию, который позволит самым эффективным образом донести идею, не искажая её (подразумевается, что объём любого проекта должен соответствовать математическому условию «необходимо и достаточно»).

Главный тезис коммуникации снаружи проекта (презентация с голосом: общение специалистов друг с другом, общение специалистов со зрителями) – формат подачи проекта всегда должен коррелироваться с типом публики (в зависимости от качеств коммуникативной среды – личное общение или мероприятие – проект должен раскрываться в различных по информационному насыщению компонентах).

МСК становится перцептивным аппаратом анализа состоятельности, уровня проработки компонентов внутри проекта и его формата подачи снаружи с точки зрения качества передачи информации. Метод позволяет специалисту ставить себя на место неосведомлённого зрителя и давать оценку собственной работе посредством ответа на вопросы: «В чём смысл какого-либо компонента?», «Какова идея?», «Понятно ли донесён замысел?», «Ясно ли раскрыты проектные решения?», «Какую информацию несёт такой формат подачи?», «Как раскрывается идея в формате с точки зрения сценария?» и т.д. Экспериментальное применение метода значительно повысило качество проекта и, как следствие, качество коммуникации участников создания и обсуждения проекта.

Сфера и предмет применения.

Сферой применения метода рассматривается творческий процесс архитектурного проектирования, а предметом – образно-смысловая модель объекта, «развивающаяся в соответствии с многообразием средств и приемов формообразования» [8, с. 41]. Несмотря на универсальность и независимость от условий используемой методом парадигмы представлений, такой перцептивный аппарат наиболее эффективно можно использовать в креативном поле проекта, оперирующем уникальными идеями (однако, не исключается возможность восприятия и анализа других предметов и явлений, сопряжённых с процессом проектирования). Поэтому масштаб метода можно рассматривать либо как всепоглощающий и космогонический, либо как узкий, способствующий лишь пониманию процессов.

Анализ операторики метода.

МСК, встраиваясь в проектирование, оперирует типами знаний самого проектирования: логическими и интуитивными. Создание, изменение, передача и восприятие информации строится на различных факторах рационального и иррационального толка, таких же, как и рациональные и иррациональные компоненты в проектировании, более подробно изученные нами ранее [9]. Следовательно, даже если информация трудно воспринимаема или трудно передаваема, она всё равно остаётся информацией, но больше становится «вещью в себе», а именно средством аффицирования чувственности (воздействия на органы чувств), независимым от чувственных и логических форм познания [10, с. 5]. Такое восприятие «образно-графической и вербальной информации», создающей «грамматические основы языка проектного моделирования» (как сути архитектурного проектирования), направленного на «раскрытие индивидуального авторского стиля или творческого кредо архитектора» [11, с. 155], помогает постигать глубинные смыслы отдельных частей и объекта целиком, что формирует методологическую основу для цельного понимания концепции, архитектурного образа, проектной деятельности, ответственности архитектора и т.д.

Типы умений и навыков, развивающиеся под воздействием метода, подразделяются на широкий спектр различных действий в проектировании, в которых одним из основных профессиональных ориентиров принимается структурирующий познавательный подход, раскрытый в основных тезисах метода. Подобный «поиск истины» развивает всё поле методологических приёмов в архитектуре и является антонимом процессу бессознательного «выхолащивания» творчества.

Ответ на критику.

После изучения основ МСК может сложиться впечатление, что происходит преднамеренная подмена терминов, которая не раскрывает новые возможности в проектировании. Это не так в связи с тем, что процесс проектирования является сложной системой с множеством переменных. Такие системы нельзя воспринять и осознать целиком в силу небезграничных возможностей человеческого мышления. Поэтому рассмотрение системы с точки зрения одной переменной позволяет методично изучить и найти новые взаимосвязи во всей системе – по принципу работы периферийного зрения мы начинаем видеть новые аспекты, когда перестаём смотреть на проектирование в упор.

Также может сложиться ощущение присутствия беспочвенной аналогии с информационными технологиями на фоне повальной компьютеризации, которая косвенно разрушает методику творческого поиска, связанную с ручной графикой. МСК, несомненно, был вдохновлён понятийным пониманием функционирования современных технологий, однако, далеко уходит в сторону вопросов перцепции передачи информации, связанных с психикой и когнитивными аспектами, а не техническими средствами. [12-14] Метод, не отменяя ручную графику, не сужает процесс творческого поиска, где происходит такой же обмен информации, который так же можно рассмотреть, как коммуникацию. Термин «информация», как в жизни, так и в данной статье, абстрагирован от компьютерных технологий.

К вопросу «выхолащивания» стоит дополнить, что метод не отменяет исключительно чувственные характеристики компонентов проектирования, рационализация и осознание которых, гипотетически, может разрушить их непознаваемую природу. Казалось бы, зачем всё пытаться объяснить и понять, когда можно просто чувствовать? Однако на практике выяснилось, что деструктуризация не происходит и чувственные характеристики воспринимаются со свойственными им параметрами в информационном поле. Анализ происходит без травмирования феноменологической составляющей чувственных характеристик с принятием их, как такой же информации, однако больше «вещи в себе», о чём упоминалось выше.

Библиографический список

1. Грицанов, А. А. Новейший философский словарь – 3-е изд., исправл. / А.А. Грицанов. – Минск : Книжный Дом, 2003. – 1280 с.
2. Таратухина, Ю. В. Деловые и межкультурные коммуникации : учебник и практикум для академического бакалавриата / Ю. В. Таратухина, З. К. Авдеева. – М. : Издательство Юрайт, 2015. – 324 с. – Серия : Бакалавр. Академический курс.
3. Шиффман Х. Р. Ощущение и восприятие. 5-е изд. / Х.Р. Шиффман. – СПб.: Питер, 2003. – 928 с: ил. – (Серия «Мастера психологии»).
4. Чистяков А.В. Интерактивное виртуальное прототипирование в архитектурном проектировании / А.В. Чистяков // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2017. - №4. – С. 74-78.
5. Кокорина Е.В. Архитектурный рисунок как креативная составляющая языка коммуникативного пространства творческого процесса. / Е.В. Кокорина // Приволжский научный журнал. – 2012. - №1. – С. 120-127.
6. Баркер Дж. Парадигмы мышления: Как увидеть новое и преуспеть в меняющемся мире / Джоэл Баркер ; Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 187 с.
7. Кокорина Е.В. Особенности создания художественного образа в процессе архитектурного творчества / Е. В. Кокорина, Д.Г. Донцов, К.К. Карташова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2014. - № 4. – С. 139-146.
8. Кокорина, Е.В. Теоретические основы проектного моделирования / Е.В. Кокорина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. – 2015. - №2. С. 41-47.
9. Кокорина Е.В. Взаимодействие рациональных и иррациональных компонентов в архитектурном проектировании / Е.В. Кокорина, В.А. Дедов // Архитектурные исследования. Воронеж. – 2019 - №2 (18) – С. 17 – 27.
10. Калинин Л.А. Понятия "вещь вообще" и "вещь в себе" и их роль в системе кантовского "критицизма" / Л.А. Калинин // Кантовский сборник: Межвузовский тематический сборник научных трудов. – 1985. - №1 (10). С. 3-11.

11. Кокорина Е.В. Архитектурный рисунок как интегральная творческая способность языка профессиональных коммуникаций: монография / Е.В. Кокорина. – Изд. 2-е. – Воронеж: ООО «Творческое объединение «Альбом», 2015. – 208 с.

12. Khakhulina N.B. About Design Methods In Education / N.B. Khakhulina, B.A. Popov, Yu.S. Netebina, T.B. Kharitonova // В сборнике: 7th International Conference On Education And Social Sciences Abstracts & Proceedings. 2020. С. 102-107.

13. Хахулина Н.Б. О необходимости проектной деятельности в учебном процессе / Н.Б. Хахулина, Б.И. Иванов // Проблемы социальных и гуманитарных наук. 2019. № 4 (21). С. 135-138.

14. Khakhulina N.B. The Role Of Competence Approach In Formation Of Functional Literacy Of Learners / N.B. Khakhulina, N.I. Trukhina, B.I. Ivanov // В сборнике: 7th International Conference On Education And Social Sciences Abstracts & Proceedings. 2020. С. 128-133.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 303.725.23

Воронежский государственный
технический университет
студент группы змЭУС-181 строительного
факультета

Иноземцева О.И.

Россия, г. Воронеж, тел.: +79192417778

e-mail: onlyksy06@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

Voronezh State Technical University

Students of group zmEUS-181

building department

Inozemtseva O.I.

Russia, Voronezh, tel +79192417778

e-mail: onlyksy06@mail.ru

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

О.И. Иноземцева, О.В. Корницкая

РАЗВИТИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Аннотация: В данной статье произведен анализ формирования и эволюционного развития жилищного строительства, рассмотрены этапы становления строительной индустрии в условиях неопределенности и рисков, систематизированы методы оценки эффективности строительных проектов в условиях неопределённости. Изучены основные теоретические аспекты управления рисками в инвестиционно-строительной сфере, а также перспективные направления развития инвестиционно-строительной сферы и их фактическое применение в строительной индустрии.

Ключевые слова: инвестиционно-строительная сфера, жилищное строительство, факторы неопределенности, риски, оценка эффективности.

O.I. Inozemtseva, O.V. Kornitskaya

DEVELOPMENT OF HOUSING INVESTMENT PROJECTS IN AN UNCERTAIN ENVIRONMENT

Abstract: this article analyzes the formation and evolutionary development of housing construction, considers the stages of formation of the construction industry under conditions of uncertainty and risks, and systematizes methods for evaluating the effectiveness of construction projects under conditions of uncertainty. The main theoretical aspects of risk management in the investment and construction sector, as well as promising areas of development of the investment and construction sector and their actual application in the construction industry are studied.

Keywords: investment and construction sector, housing construction, uncertainty factors, risks, efficiency assessment.

Управление проектами инвестиционно-строительной направленности и их реализация всегда сопряжены с рисками и неопределенностью, что влечет за собой неуверенность инвесторов-заказчиков в достижении целевых показателей эффективности проекта, а в дальнейшем проект теряет свою экономическую привлекательность.

В настоящее время не смотря на большой опыт управления рисками в инвестиционно-строительной сфере, основываясь как на отечественных так и зарубежных практических показателях, научное применение методик и их обоснование отсутствует, направленных на учет все факторы влияния на процесс эффективности строительных проектов инвестиционной направленности.

Значимым аспектом для строительной отрасли является учет факторов неопределенности проекта, а следовательно и теоретическое обоснование методических подходов и разработка практических рекомендаций.

Актуальность темы заключается в рассмотрении основных экономических вопросов связанных с проектами инвестиционно-строительной направленности, а также их оценкой в условиях неопределенности эффективности, что определяется недостатком научно-исследовательских работ по указанной проблематике, которые имеют комплексный характер.

Целью исследования являются инвестиционные проекты жилищного строительства, которые подвержены рискам и осуществляются в условиях неопределённости, так как в строительной промышленности основной проблемой, являются специфические факторы неопределенности при учете которых осложняется процесс оценки экономико-инвестиционных показателей эффективности жилищного проекта. Вопросы связанные с изучением науки об оценке эффективности инвестиционных проектов жилищного строительства, являются значимыми и немаловажными для строительной отрасли.

Статистические материалы формирующие аналитическую и информационную базу работы, были сформированы на основании индексных данных ММВБ, экспертных оценок в области жилой недвижимости, методических материалов регламентирующих процедуру оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, а также аналитического обзора рынка жилой недвижимости г. Москвы.

Другой немаловажный аспект применения результатов исследования заключается в том, что идеи некоторых оригинальных инструментов представляют собой фундамент на основании, которого составляются бизнес-планы[1] инвестиционно-строительных проектов, производится разработка инвестиционных стратегий, происходит прогнозирование динамики жилищного строительства, а также являются основным не маловажным показателем в организационно-управленческих и финансово-экономических операциях.

Действия связанные со случайными событиями, многие ученые называют «неопределенностью». А используя теорию вероятности можно сделать следующие предположения, что только некоторые из эпизодов могут быть связаны с процессом неопределенности, а также его факторами не вписывающимися в аксиоматические ее основы, но нельзя исключить и возможность решения определенного вида задач используя данный подход как основной инструмент. Из-за расплывчатых показателей факторов неопределенности, которые закладываются на первом этапе проектирования в исходные данные проекта и в дальнейшем не являются случайностью[2]. Согласно приведенным факторам неопределенности, следует предположение, что неопределенность, которая относится к знанию вещей в строительной отрасли имеет эпистемический характер, а та неопределенность, которая зависит от случайных факторов носит алеаторический характер.

Процесс экономической оценки инвестиционно-строительных проектных идей в условиях неопределенности и рисков основывается на методических рекомендациях и подходах, формальных методах учёта, из них можно выделить четыре основных подхода, которые представлены на рис. 1. Данный метод представляет собой определенную последовательность действий, в плане прогностических способностей каждый следующий представляет собой более точную оценку[3].

При исследовании количественных методов оценки эффективности инвестиционно-строительных проектов в условиях неопределенности, можно сделать следующие выводы, что они либо исключают факторы неопределенности из расчётов финансовой модели инвестиционно-строительного проекта, что неверно, вследствие того что неопределенность является неустранимым аспектом каждого технико-экономического обоснования, либо неспособны учитывать множественность факторов неопределенности. Так, например, использование на практике расчёта чувствительности, сценарного анализа и метода построения дерева решений предполагают моделирование рисков ситуации по ограниченному числу факторов неопределённости (не более пяти). В этой связи практическое применение указанных методик как самостоятельных инструментов крайне ограничено вследствие значительного количества упрощающих модельных допущений, изменяющих истинную среду проекта [4]. Вместе с тем следует подчеркнуть, что требование

детерминированности исходных переменных является серьёзной примитивизацией реальности, поскольку на любой строительный проект оказывает влияние целое множество факторов неопределённости.

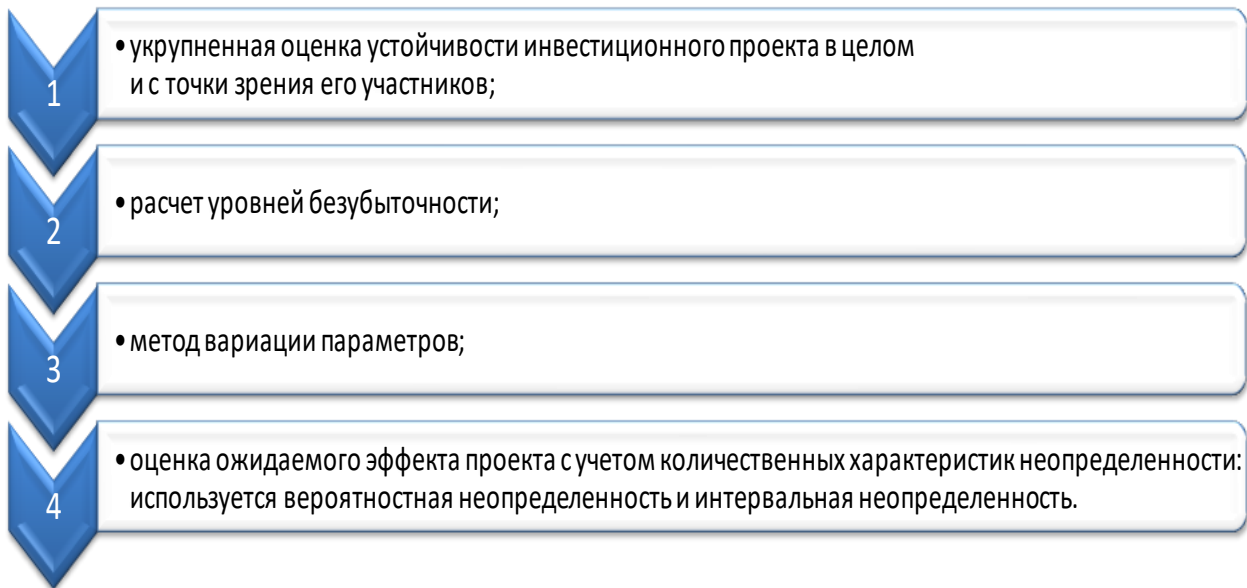


Рис. 1. Методы формального учета неопределённости в расчётах эффективности инвестиционного проекта

Факторы неопределённости возникающие в процессе управления ИСП невозможно формализовать и учесть все их негативное влияние из-за отсутствия математического аппарата способного интегрировать различные виды неопределённости, а во-вторых, эксперты никогда не смогут учесть всё множество возможных альтернатив.

Отметим также возрастающую сложность применяемых технологий и необходимость использования инноваций при возведении жилых объектов.

Отмеченные процессы наряду с внедрением инновационных технологий обуславливают значительное возрастание влияния социально-экономических и других факторов неопределённости на строительную отрасль РФ [5].

На процесс реализации объекта недвижимости, влияют такие факторы, как большое количество участников, климатические условия, нормативно- правовые факторы, инфляция социально-политическая нестабильность, экономические рецессии, научно-технический прогресс, аспекты культуры и т.д., что позволяет значительно расширить зону входящую в неопределённость и воздействующую на каждый ИСП не однозначно.

При рассмотрении инвестиционных проектов жилищного строительства в условиях неопределённости был использован критический анализ рис. 2 на основании результатов, которого, можно увидеть основные недочеты предлагаемой методики расчёта рейтинговой оценки неопределённости ИСП [6], а также достоинства. Предложенные характеристики позволяют сделать вывод о практической целесообразности практического применения.

Рациональное использование комплексной методики является основой при формировании эффективной системы управления инвестиционными проектами в условиях неопределённости. Развитие строительной индустрии в условиях неопределённости носит колебательный характер, требующий систематизации всех социально-экономических процессов [7].



Рис. 2. Достоинства и недостатки комплексной методики рейтинговой оценки неопределённости ИСП

При сравнении со средней оценкой всего портфеля проектов строительной организации, использование рейтинговой оценки факторов неопределённости, позволяет сделать выводы о принятии или отклонении инвестиционно-строительного проекта. Комплексная методика позволяет увидеть разнообразные факторы воздействия при обосновании эффективности инвестиционно-строительного проекта и минимизировать риски, с которыми связана строительная отрасль.

Библиографический список

1. Корницкая, О.В. Роль инновационной деятельности в экономике/ О.В. Корницкая// Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2013. № 5. С. 81-84.
2. Трухина Н.И. Стратегия развития и функционирования жилищно-коммунального комплекса /А.Н. Кириллова, Н.И. Трухина // ФЭС: Финансы. Экономика. 2015. № 7. С. 31-35.
3. Корницкая, О.В. Инновации как основа эффективного развития предприятия /О.В. Корницкая, Э.Ю. Околелова //В сборнике: Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты Материалы 2-й Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2012. С. 168-171.
4. Трухин Ю.Г. Мониторинг технического состояния зданий - фактор эффективного управления в стратегии девелопмента недвижимости /Н.И. Трухина, Г.А. Калабухов// Недвижимость: экономика, управление. 2015. № 4. С. 60-64.
5. Корницкая, О.В. Инвестиционный климат России. Проблемы и перспективы /О. В. Корницкая, Э.Ю. Околелова// Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика и предпринимательство. 2012. № 10. С. 133-138.
6. Трухина Н.И, Баринов В.Н. Стратегическое планирование деятельности организаций жилищной сферы в современных условиях /Н.И. Трухина, В.Н. Баринов// Журнал «ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия», 2012. №3(52). – С. 42-46.

7. Баринов В.Н. Эффективные технологии в управлении земельными ресурсами / В.Н. Баринов, Н.И.Трухина, Н.Б. Хахулина // ФЭС: Финансы. Экономика.. 2020. Т. 17. № 1. С. 49-54.
8. Трухина Н.И. Научные аспекты управления объектами недвижимости в жилищной сфере // Учеб. Пособие. Воронеж, 2006.
9. 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.
10. 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.
11. Околелова Э.Ю. Модель оценки эффективности инвестиций в объекты коммерческой недвижимости с учетом рисков / Э.Ю. Околелова, Н.И. Трухина, М.А. Шibaева // Экономика строительства. 2017. № 4 (46). С. 15-29.

УДК 332.6 (075.8)

Воронежский государственный технический университет

студент группы зМЭУС-181

Фурсова В.В.

Россия, г. Воронеж,

тел.: 89515555836

e-mail: malceva.ya@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

д-р экон. наук,

профессор кафедры кадастра и недвижимости,

землеустройства и геодезии

Трухина Н.И.

Россия, г. Воронеж, тел.: +79601167589

e-mail: ntruhina@list.ru

Voronezh State Technical University

Student of the group zMEUS-181

Fursova V.V.

Russia, Voronezh,

tel.: 89515555836

e-mail: malceva.ya@yandex.ru

Voronezh State Technical University,

Doctor of Economics, Professor of the Department of

Cadastre and Real Estate,

Land management and geodesy

Trukhina N.I.

Russia, Voronezh, tel. : +79601167589;

e-mail: ntruhina@list.ru

В.В. Фурсова, Н.И. Трухина

ОЦЕНКА И УЧЁТ ФАКТОРОВ РИСКА ПРИ ОБОСНОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННО–СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

Аннотация. Рассмотрены влияние рисков на реализацию инвестиционно-строительных проектов, использование вариативной ставки дисконтирования, результативность проектного финансирования в современных условиях развития строительного комплекса.

Ключевые слова: инвестиции, риски, проектное финансирование, строительный комплекс, эффективность, показатели, инвестиционно-строительный проект.

V.V. Fursova, N.I. Trukhina

ASSESSMENT AND CONSIDERATION OF RISK FACTORS WHEN JUSTIFYING EFFECTIVENESS SOCIAL CONSTRUCTION PROJECTS

Abstract. The article considers the impact of risks on the implementation of investment and construction projects, the use of a variable discount rate, the effectiveness of project financing in the modern conditions of the construction industry.

Key words: investments, risks, project financing, construction complex, efficiency, indicators, investment and construction project.

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.

Это связано с тем, что инвесторам нужны серьезные гарантии возврата вложенных финансовых средств, а это означает, что в условиях постоянно изменяющейся внешней среды проекта, необходимо учитывать не только факторы воздействия федерального уровня, но и учитывать региональные особенности развития территорий[2].

С экономической точки зрения риски представляют собой события, которые могут произойти с некоторой вероятностью, при этом возможны три экономических результата (оцениваемых в экономических, чаще всего финансовых, показателях):

- отрицательный, то есть ущерб, убыток, проигрыш;
- положительный, то есть выгода, прибыль, выигрыш;
- нулевой (не ущерба, ни выгоды).

Важной частью исследований является вопрос управления стоимостью инвестиционно-строительного проекта, что означает, что проект будет реализован в рамках утвержденного бюджета и все определенные затраты будут находиться под контролем в результате реализации определенной политики и применяемых адекватных процедур и методов. При этом управление стоимостью осуществляется на различных стадиях реализации проекта, в том числе при определении источников финансирования, планировании денежных потоков, анализе и управлении затратами, ресурсами и др[6].

В последнее время, большое внимание уделяется проектному финансированию, когда обеспечение обязательств реализуется за счет денежных доходов, образуемых при реализации проекта, а основные риски распределяются между основными участниками проекта, при этом данное финансирование в большей степени применяется для нового проекта, доля привлеченных средств может достигать 80%, а инвесторы представляют обеспечение, которое не в полной мере покрывает финансовые риски, которые возникают при реализации проектов, т.е. реализация проекта осуществляется без достаточного первоначального капитала[4].

Здесь следует отметить, что риски таких проектов достаточно высоки, т.к. обычно необходимые средства для обеспечения кредита погашаются за счет перспективной прибыли от проекта, то любое нарушение реализуемого проекта, независимо от финансового положения спонсирующих этот проект компаний (например возникающие экологические и социальные риски), создают непосредственный финансовый риск для самих финансовых учреждений.

Если это крупномасштабные проекты, то государство может снизить уровень риска реализации таких проектов путем участия в качестве гаранта, инициатором налоговой поддержки, обеспечить выполнение разрешительных условий реализации проекта и другое. Проект должен обладать достаточным уровнем жизнеспособности, чтобы не только покрыть все затраты по обслуживанию долга, но и в случае возникновения форс-мажорных обстоятельств, суметь выйти на такой уровень доходности, чтобы обеспечить интересы всех сторон, реализующих проект (следовательно требуется тщательная проработка юридической, финансовой, экологической, технической экспертизы)[7].

Анализ рисков – процедуры выявления факторов рисков и оценки их значимости, по сути, анализ вероятности того, что произойдут определённые события.

Среди основных рисков выделим:

а) риск незавершенного строительства, а значит не законченный проект будет иметь ограниченную ценность. Риск не завершения строительства включает: исполнения требований по надлежащему качеству работ; характер используемой технологии; и наличие оборудования; ценообразование; наличие инфраструктуры (водоснабжения, электроэнергии, а также доступность); план завершения работ и другое.

б) риск невыполнения обязательств - вероятность наступления события, при котором созданный объект оказывается неспособным предоставлять услуги оговорённого качества в рамках установленного срока (ошибки в проектировании, использование несоответствующие технологий, ненадлежащая эксплуатация объекта).

в) операционный риск возникает в случае обнаружения дефектов проектирования, оборудования или материалов, корректировки эксплуатационных требований вследствие изменений законодательства, правил.

д) финансовый риск обеспечивается в случае отсутствия надежных источников финансирования, привлекаемых для реализации проекта. Этот риск может привести к увеличению стоимости финансирования и оказать существенное влияние на финансовую жизнеспособность проекта.

е) экологические риски. Данный вид рисков оказывает существенное влияние на результативность инвестиционно-строительного проекта. Такие факторы, как химическое загрязнение, например загрязнение почвы, воды, атмосферы, могут оказать значительное негативное влияние на последующие показатели реализации проекта (например коррозия металлических конструкций зданий и др.) Физическое загрязнение, такое как тепловое, волновое (шумовое, световое, электромагнитное) также влияют на инвестиционную привлекательность объекта (выбросы выхлопных газов, связанные с наличием высокоскоростной трассы, выбросы промышленных предприятий, расположенных вблизи от реализуемого инвестиционного проекта и другое)[5].

В этой связи при проектировании и обосновании эффективности реализации проектов следует учитывать все факторы риска и применять основные методы по снижению и управлению рисками.

Важной частью проекта является управление рисками, связанное с оптимизацией инвестиций, а том числе и его оценка эффективности[3].

При проведении полной банковской оценки проекта риски сводятся в матрицу, где определяется вероятность нанесения ущерба проекту.

Существуют качественные и количественные методы оценки рисков.

Среди методов количественного анализа выделим:

1. Укрупненная оценка устойчивости
2. Расчет уровней безубыточности
3. Метод вариации параметров
4. Оценка ожидаемого эффекта проекта с учетом количественных характеристик неопределенности.

Рассмотрим метод вариации параметров (или анализ чувствительности) заключается в исследовании изменений интегральных показателей эффективности проекта в зависимости от изменения отдельных параметров, таких как:

- инвестиционные затраты;
- объем производства;
- издержки производства;
- процент за кредит;
- индексы цен или индексы инфляции;
- задержки платежей.
- длительность расчетного периода и пр.

Оценка устойчивости может производиться путем определения предельных значений параметров проекта, т.е. таких, при которых интегральный коммерческий эффект становится равным нулю.

Риски неэффективности проекта P , и средний ущерб от реализации проекта в случае его неэффективности $УЭ$ определяются по формулам :

$$P_{\Sigma} = \sum_k P_k \quad (1)$$

$$УЭ = \frac{\sum_k |Э_k| P_k}{P_{\Sigma}} \quad (2)$$

где суммирование ведется только по тем сценариям k , для которых интегральные эффекты (ЧДД) $Э$, отрицательны.

$Э_{ож}$ – ожидаемый интегральный эффект проекта

$Э_k$ – интегральный эффект (ЧДД) при k -м сценария

P_k – вероятность реализации этого сценария.

Интервальная неопределенность оценивается в случае, когда какая-либо информация о вероятностях сценариев отсутствует (известно, что они положительны и в сумме составляют 1), расчет ожидаемого интегрального эффекта производится по формуле:

$$\text{Эож} = \gamma * \text{Э}_{\max} + (1 + \gamma) * \text{Э}_{\min}, \quad (3)$$

где Э_{\max} и Э_{\min} – наибольший и наименьший интегральный эффект (ЧДД) по рассмотренным сценариям;

γ - специальный норматив для учета неопределенностей эффекта, отражающий систему предпочтений соответствующего хозяйствующего субъекта в условиях неопределенности.

Исследование разнообразных рисков позволит с помощью системы методов управлять ими.

Если рассматривать управление риском в течение жизненного цикла проекта, то на фазе пред проектного обоснования инвестиций задачами управления рисками являются: идентификация факторов риска и неопределенности, а также выявление значимости факторов риска экспертным методом, анализ чувствительности.

На фазе жизненного цикла – разработка проекта, в том числе на этапе разработки сметы бюджета проекта – это распределение рисков, определение структуры и объема резервирования средств на покрытие непредвиденных расходов, а также учет рисков в финансовом плане проекта (налоговый риск, риск неуплаты задолженности и другие).

Если этап проекта – рабочая документация, то это задачи корректировки параметров проекта по результатам анализа рисков, разработка сметы проекта с учетом непредвиденных расходов.

Фаза цикла проекта – реализация, предполагает на этапе мониторинга эффективности реализации проекта выделение таких задач, как контроль за использованием средств на непредвиденные расходы, корректировка бюджета (страхование рисков) и т.д.

На завершающей фазе проекта, одной из основных задач является анализ и обобщение фактических проявлений рисков и неопределенности по результатам проекта.

При определении показателей экономической эффективности реализации инвестиционно-строительного проекта, особую актуальность приобретает вопрос применения различных схем финансирования, которые во многом зависят от источников финансирования, а значит учет определенных рисков, что в конечном итоге отражается в ставке дисконтирования при расчете чистой стоимости проекта, срока окупаемости и др.

В этой связи одним из существующих инструментов повышения объективности и качества оценки, становится модель формирования ставки дисконтирования, позволяющая учесть всевозможные изменения внешней и внутренней среды [8].

В научной литературе часто используется вариативная ставка дисконтирования. Вариативная ставка дисконтирования основана на сравнении рыночных показателей доходностей проектов – аналогов, что позволяет в течение жизненного цикла проекта учесть изменения, а значит риски, которые приводят к убыточности проекта и определять долю потерь, которые несет каждый из участников инвестиционного проекта.

Рассмотрена методика, позволяющая учитывать динамику рисков через вероятность возникновения ситуаций, когда инвестор несет потери при реализации проекта т.е. через вероятность убытков проекта и доли возникающих при этом потерь.

$$R_{e_i} = \frac{1 + R_{e_{ЭК}}}{1 - \text{СОП}_i * P_i} - 1 = \frac{R_{e_{ЭК}} + \text{СОП}_i * P_i}{1 - \text{СОП}_i * P_i}, \quad (4)$$

где R_{e_i} - ставка дисконтирования собственного капитала,

$R_{e_{ЭК}}$ - ставка дисконтирования собственного капитала на конец инвестиционной – начало эксплуатационной фазы, %,

P_i - совокупная вероятность поступления убытков проекта, %,

СОП_i - средняя возможная доля потерь финансовых средств в случае убыточности проекта, %.

Таким образом, показатель убыточности проекта рассматривается как обобщенная характеристика влияния совокупности рисков на i -ом интервале фазы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта.

При этом необходимо отметить, что $R_{\text{ЭК}}$ рассчитывается исходя не из оптимистического сценария развития, а наоборот, пессимистического, что означает максимальное участие негативных факторов риска при реализации проекта, т.е. в условиях превышения сроков реализации проекта, недостатков финансирования, превышение стоимости работ, нарушение подрядчиками своих обязательств и др.

В заключении отметим, что управление риском является важной частью реализации проекта и от эффективности управления во многом зависит результативность инвестиционно-строительного проекта.

Библиографический список

1. Модель оценки эффективности инвестиций в объекты коммерческой недвижимости с учетом рисков/ Околелова Э.Ю., и другие. Экономика строительства. 2017. № 4 (46). С. 15-29.
2. Научные аспекты управления объектами недвижимости в жилищной сфере/ Трухина Н.И./ монография - Издательство: Воронежский государственный университет (Воронеж). Воронеж, 2006. С. 359.
3. The mechanism of evaluation under the conditions of uncertainty of innovational project as a random process/ Okolelova E.Yu., Shulgina L.V., Trukhina N.I., Shibaeva M.A., Shulgin A.V. / Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Т. 726. С. 56-63.
4. Мониторинг технического состояния зданий - фактор эффективного управления в стратегии девелопмента недвижимости / Трухина Н.И., Трухин Ю.Г., Калабухов Г.А. / Недвижимость: экономика, управление. 2015. № 4. С. 60-64.
5. Организационно-экономический механизм планирования и контроля в управлении жилищной недвижимостью / Н.И. Трухина, Е. А. Погребенная ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Ростовский гос. строит. ун-т". Ростов-на-Дону, 2010.
6. Планирование и контроль в управлении организаций жилищной сферы / Трухина Н.И., Погребенная Е.А. Труд и социальные отношения. 2010. № 3. С. 57-61.
7. Стратегическое планирование деятельности организаций жилищной сферы в современных условиях/ Трухина Н.И., Баринов В.Н./ ФЭС: Финансы. Экономика. 2012. № 2. С. 42-46.
8. Планирование и контроллинг в жилищной сфере/ Грабовый П.Г., Лукманова И.Г., Чернышев Л.Н., Иванова Н.В., Филимонов С.Л., Кириллова А.Н., Семенов В.Н., и др. Учебник для вузов / Федеральное агентство по образованию, Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2009.
9. Баринов В.Н. Эффективные технологии в управлении земельными ресурсами / В.Н. Баринов, Н.И.Трухина, Н.Б. Хахулина // ФЭС: Финансы. Экономика.. 2020. Т. 17. № 1. С. 49-54.
10. Okolelova E. Model of Investment Appraisal of High-Rise Construction With Account of Cost of Land Resources / E.Okolelova, M.Shibaeva, N. Trukhina // В сборнике: E3S Web of Conferences. D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul (Eds.). 2018. С. 03014.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 728.1

Нижегородский государственный архитектурно–
строительный университет
студент группы М.С. 9/01 факультета магистратуры
Модина Т.А.

Россия, г. Нижний Новгород,
e-mail: tatjanamodina@mail.ru

Нижегородский государственный архитектурно–
строительный университет
канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения,
водоотведения, инженерной экологии и химии
Кашченко О.В.

Россия, г. Нижний Новгород
tatjanamodina@mail.ru

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil
Engineering

Student of group M.C 9/01 Faculty of Magistrates
Modina T.A.

Russia, Nizhny Novgorod,
e-mail: tatjanamodina@mail.ru

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil
Engineering

Candidate of technical Sciences, Professor the
Department of water supply, water disposal, engineering
ecology and chemistry

Kashchenko O.V.
Russia, Nizhny Novgorod
tatjanamodina@mail.ru

Т.А. Модина, О.В. Кашченко

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. Вопросы обработки и утилизации осадков сточных вод, представляющих серьезную угрозу для окружающей среды, чрезвычайно актуальны для всех крупных водоканалов России. Складирование осадка не решает экологической проблемы обращения с осадками. В статье анализируются современные проблемы и перспективы утилизации осадков сточных вод. Показано, что наиболее экологичным методом является использование осадков сточных вод в различных хозяйственных процессах.

Ключевые слова: осадки сточных вод, утилизация, отходы, экологическая проблема.

T.A. Modina, O.V. Kashchenko

PROMISING SOLUTIONS OF RECYCLING SEWAGE SLUDGE

Introduction. Question of processing and recycling of sewage sludge are of acute importance for all large Vodokanals of Russia and represent a serious threat to the environment. Storage of sludge does not solve the environmental problem. The article discusses and analyzes the current problems and prospects of recycling of sewage sludge. It is shown that the most environmentally friendly method is the involvement of sewage sludge in the economic turnover.

Keywords: Sewage sludge, recycling, waste, environmental problem.

Актуальность темы.

На сегодняшний день, основными побочными продуктами процессов очистки сточных вод, образовавшимися на станциях очистки сточных вод малых населенных пунктов и городов, являются осадки, образующиеся из сооружений механической очистки: решеток, первичных отстойников и утилизации избыточного активного ила.

Количество осадков постоянно растет, и в настоящее время они являются основным загрязнителем окружающей среды. Смесь осадков требует обезвоживания, стабилизации, хранения и последующей утилизации. Каждый из этих процессов представляет собой серьезную техническую задачу и несмотря на то, что на сегодняшний день все они глубоко проработаны, эта проблема остается одной из важнейших в практике очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Учитывая огромные объемы этих осадков, хочу напомнить, что только в Российской Федерации объем влажных осадков достигает 1% от объема поступающей сточной воды. Как правило, все они складываются на открытых площадках и предусматривают дальнейшей утилизации.

Дальнейшее использование осадка осложняется присутствием в них разнообразных компонентов и микроорганизмов и относятся как правило к IV классу опасности

(малоопасные). Все вышесказанное подтверждает о серьезной угрозе окружающей среды и несомненно, требует повышенного внимания и поиска возможных технологий переработки осадков и их дальнейшего использования [1].

Перспективные решения.

Ученые и практики как в России так и за рубежом прилагают немалые усилия для поиска возможных вариантов в которых можно найти решение утилизации ОСВ. И как правило, они сводятся к применению при строительстве дорог, изготовлению строительных материалов и использованию в сельском хозяйстве в качестве органических удобрений, рекультивации нарушенных земель и использованию на полигонах твердо-бытовых отходов.

На сегодняшний день одним из основных альтернативных способов утилизации ОСВ является его сжигание. Главным преимуществом сжигания является уменьшение массы и объема осадка, путем испарения воды, что особенно важно в условиях дефицита свободных площадей для организации полигонов. При сжигании осадков образуется зола, которая по параметрам токсичности относится к малоопасным соединениям. Она исключает запах, не имеет патогенной микрофлоры, а многоступенчатые системы газоочистки исключают попадание токсичных веществ в атмосферу. Зола можно утилизировать в дорожном строительстве, в приготовлении строительных смесей, где она может заменять часть цемента и песка, в производстве пенобетона. [2].

Наибольшим спросом для сжигания ОСВ пользуются многоподовые печи. Эти установки являются простыми, долговечными, с меньшим энергопотреблением и высокой производительностью. Также широкое применение получили печи кипящего слоя, которые обладают рядом достоинств - осадок хорошо перемешивается с газами, поддерживающими горение, печь имеет немалую продолжительность работы, не имеет высоких требований к обслуживанию, зола которая образуется при сгорании легко улавливается и удаляется. Такие печи применяются в США, Франции, Японии и других странах. Но многие страны опровергают этот метод из-за выделения вредных химических веществ - экотоксикатов, которые загрязняют окружающую среду [3].

В странах Европейского Союза существуют различные методы утилизации осадка. Например, в Дании использование осадка в сельском хозяйстве ограничивается, и отдается предпочтение его сжиганию. В Финляндии осадок не сжигается, а применяется для благоустройства зеленых зон. Но в большинстве стран осадок вывозится на полигоны.

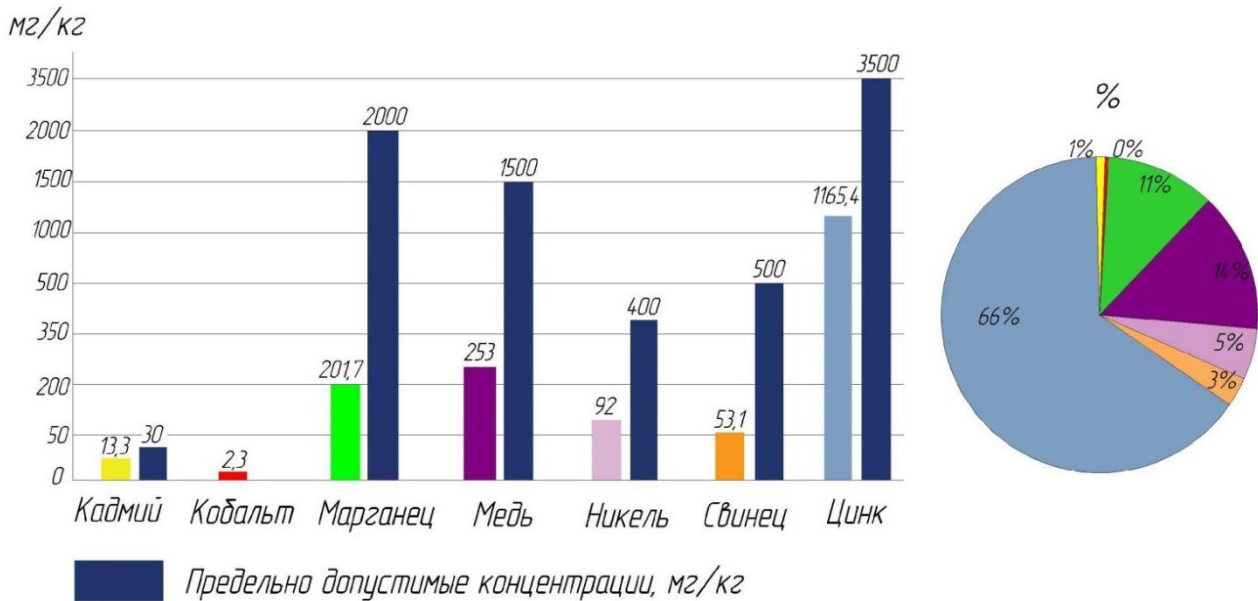
Основные методы утилизации осадков сточных вод в странах Европейского Союза

Страны	Методы утилизации, %			
	В сельском хозяйстве	Захоронение в свалках	сжигание	иные
Австрия	13	56	31	0
Швейцария	50	30	20	0
Германия	20	60	15	5
Дания	30	30	35	5
Швеция	15	70	0	15
Англия	55	14	7	24
Финляндия	26	36	0	38

Другим особо действенным методом утилизации ОСВ, который позволяет полностью избавиться от этого вида отходов, может быть их переработка в почвогрунты или удобрения. В качестве удобрений могут применяться осадки подвергшиеся обработке, обеспечивающей уничтожение яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов. Чтобы исключить опасность загрязнения почв и окружающей среды, ОСВ необходимо в обязательном порядке проанализировать на содержание тяжелых металлов. ОСВ находят широкое применение в

качестве азотно-фосфорного удобрения, содержащего микроэлементы, которые необходимы для развития растений. К примеру, микроудобрения содержащие медь, бор и марганец повышают урожайность некоторых плодородных и ягодных культур. Недостаток железа и цинка нарушает жизнедеятельность растений. Микроэлементы также способствуют усвоению растениями органических веществ из осадков.

Проведен сравнительный анализ состава осадков Нижегородской станции аэрации на предмет содержания тяжелых металлов с требованиями к свойствам осадков городских сточных вод, использующихся в качестве удобрений. Можно рекомендовать использовать осадок в качестве удобрений для выращивания декоративных кустарников, газонов, применяя осадки в определенных количествах.



Сравнительный анализ состава осадков Нижегородской станции аэрации

Кроме применения осадков в качестве удобрений, возможно производство на их основе компостов. Компост успешно применяется для обогащения истощенных земель и рекультивации почв. Этот способ утилизации дает существенные экологические преимущества, возвращая в почвы питательные вещества и сокращая использование химических удобрений [4].

Еще одной перспективной технологией переработки ОСВ является термическое разложение для производства биотоплива. Хотя технология и долгосрочная, но экологически безвредная для полигонов. По мнению российских ученых, это очень перспективная разработка, ведь в большинстве стран мира для производства биотоплива используется растительное сырьё, поэтому в его стоимость входят затраты на выращивание, уборку и обработку сырья - а это 75% от стоимости биотоплива [5]. Однако пиролиз является взрывопожароопасным процессом, что требует дополнительного контроля [3].

Вывод.

В заключении хотелось бы отметить, что альтернативным методом утилизации может являться сжигание осадка при соответствующем технико-экономическом обосновании. В результате сжигания получают минеральные соединения, которые подлежат захоронению, и газы, которые требуется очищать перед выбросом в атмосферу.

Библиографический список

1. Туровский И. С., Обработка осадков сточных вод. – 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1982. – 223 с., ил. – (Охрана окружающей среды);

2. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]
http://www.vodokanal.spb.ru/presscentr/news/sanktpeterburg_prodlzhaet_izuchat_mirovoj_opyt_v_sfere_upravleniya_osadkom_stochnyh_vod/

3. Янин Е.П. Сжигание осадков городских сточных вод (проблемы и способы)// Ресурсосберегающие технологии, 2006, № 24, с. 3–29;

4. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод/ Учебное издание: М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006-704 с.;

5. Благоразумова, А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод. Учебное пособие / А.М. Благоразумова. – Новокузнецк: СГИУ, 2010. – 138 с;

6. Попов Б.А. Современные проблемы комплексной экологической оценки территорий для целей градостроительства / Б.А. Попов, Н.Б. Хахулина, Т.Б. Харитонова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2020. № 3 (14). С. 61-70.

7. Авилова И.П. Экономика и управление жилищно-коммунальным хозяйством / Авилова И.П., Акристиний В.А., Банцера О.Л., Наумов А.С., Беляков С.И. и др. учебное пособие. Москва, 2018. 672 С.

УДК 628.83

Воронежский государственный технический университет
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства

Жерлыкина М.Н.

тел.: +7(473)271-28-92

e-mail: zherlykina@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

студент группы мВПП-181 факультета инженерных систем и сооружений

Мезго О.А.

Россия, г. Воронеж

тел.: +7 (900) 932-55-22

e-mail: ol1121@inbox.ru

Voronezh State Technical University

sciences, associate professor of the department of housing and communal services

Zherlykina M.N.

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

e-mail: zherlykina@yandex.ru

Voronezh State Technical University

student of group mVPP-181 faculty of engineering systems and structures

Mezgo O.A

Russia, Voronezh

tel.: +7 (900) 932-55-22

e-mail: ol1121@inbox.ru

М.Н. Жерлыкина, О.А. Мезго
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЯ
В ЦЕХАХ

Аннотация. Аэрация широко используется при решении задач создания комфортных параметров микроклимата в процессе проектирования объектов и нового строительства и при реконструкции и реставрации зданий. В статье были рассмотрены принципы и основные аспекты проектирования систем аэрации. Была исследована система аэрации в пространстве промышленного цеха с избытками тепла. При рассмотрении термического цеха было обращено внимание на совмещение систем аэрации и воздушного душирования. Выполнен расчет расходов воздуха при применении аэрационной схемы вентиляции, по которому проведен сравнительный анализ эффективности применения данной системы.

Ключевые слова: аэрация, воздухообмен, проектирование вентиляции, системы вентиляции цеха, воздушные души.

M.N. Zherlykina, O.A. Mezgo
FEATURES OF AERATION SYSTEM DESIGN AND ECONOMIC SUBSTANTIALITY OF ITS
CHOICE

Introduction. Aeration is widely used in solving problems of creating comfortable microclimate parameters in the process of designing objects and new construction, and in the reconstruction and restoration of buildings. The article examined the principles and main aspects of the design of aeration systems. The aeration system in the space of an industrial workshop with excess heat was investigated. When considering the thermal workshop, attention was paid to the combination of aeration and air shower systems. The calculation of air flow rates using the aeration ventilation scheme, according to which a comparative analysis of the effectiveness of this system.

Keywords: aeration; air exchange; ventilation design; workshop ventilation systems; air showers.

Введение.

Вентиляция представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных между собой процессов и устройств, нацеленный на создание качественного воздухообмена внутри помещения. Система вентиляции цеха играет гораздо более важную роль, чем аналогичная система в любом другом помещении. Главный акцент состоит в том, что это целая система инженерных разработок, которая призвана обеспечить бесперебойную фильтрацию воздуха от вредных и токсичных примесей и его функциональную циркуляцию, не нарушая при этом ход технологических процессов, а способствуя благоприятным условиям для их успешного выполнения. Важность вентиляции в промышленной отрасли не подвергается сомнению, так

как это необходимый фактор безопасности сотрудников на рабочем месте. Для того, чтобы системы вентиляции функционировала правильно, стоит уделить внимание разработке проекта.

Ключевую роль при воздухообмене играет разница плотностей воздуха снаружи и внутри помещения. Именно от нее зависит, насколько данная система эффективна и оправдывает выбор естественной.

Один из вариантов природной вентиляции представлен неорганизованным процессом, где поступление объемов воздуха осуществляется инфильтрацией и проветриванием. Другим вариантом является выбор организованного и управляемого процесса вентиляции за счёт правильного размещения фрагм и специальных проемов. Этот вариант как раз и представляет собой аэрационный воздухообмен.

Основная часть.

Аэрация представляет собой процесс разжижения и выноса вредностей, осуществляемый через открывающиеся фрагмы в окнах и вентиляционно-световые фонари за счёт разности удельного веса, то есть процесс вытеснения менее плотного воздуха в пространстве помещения более плотным, который чаще всего является наружным [1].



Рис. 1. Типовая схема движения потоков воздуха

Отличие аэрации в том, что требуемое количество подаваемого воздуха рассчитывается для проекта и регулируется в зависимости от погодных условий.

Данный вид воздухообмена применяется в целом ряде промышленных зданий, а конкретнее – в их цехах – кузнечных, литейных, прокатных и т.д. То есть там, где существуют значительные теплоизбытки. Так называемые горячие цехи характеризуются тепловыделениями, которым сопутствуют газовыделения, а иногда и пылевыведения. Влажные цехи характеризуются совместным выделением тепла и влаги [2].

Обширное распространение аэрационного процесса в помещениях производственно-промышленного назначения обуславливается экономией в связи с незначительными эксплуатационными затратами.

Но, выбирая данный вид воздухообмена, нужно помнить, что его область действия ограничена. Не применяют аэрацию при наличии особых регламентированных требований к параметрам воздуха внутри помещения (например, в камерах с искусственным климатом). Обращать внимание стоит и на состав воздуха: не следует применять аэрацию, если приточный наружный воздух наполнен большим количеством влаги или если количество выделений внутри помещения настолько велико, что их вынос с вытяжным воздухом может загрязнять окружающую среду. В связи с тем, что естественный приток в цехах способствует распространению вредных выделений по объему помещения, разрешено применение организованного управляемого воздухообмена, если концентрация пыле- и газовыведений в воздухе, поступающем в помещение, не превышает 30% предельно допустимой

концентрации (ПДК) рабочей зоны помещения. Для производств, в которых это требование не соблюдается, рекомендуется механическая вентиляция с очисткой воздуха [3].

К большому преимуществу аэрации относится возможность перемещения огромного объема воздуха, притом интенсивно и экономя энергию [4, 5]. Если при механической приточно-вытяжной вентиляции создаются сравнительно небольшие воздухообмены при достаточно больших давлениях, то при аэрации создаются большие организованные воздухообмены, гораздо большие, чем при механической вентиляции. Воздухообмены могут достигать даже миллионов кубических метров в 1 час.

Наибольшее распространение аэрация зданий получила для одноэтажных однопролетных цехов. Применение аэрации многопролетных и многоэтажных цехов возможно, но связано с определенными техническими трудностями.

Стоит помнить, что вопрос организации воздухообмена должен быть рассмотрен на проектной стадии. Решение о применении аэрации должно быть подкреплено соответствующими расчётами, основанными на существующих общепринятых санитарно-гигиенических требованиях, специфике помещений промышленного здания. Во внимание также принимается экономическая рентабельность проекта и финансовые возможности. Следовательно, проведя анализ и приняв решение применение для организации воздухообмена, то архитектурно-планировочные и конструктивные решения промышленное предприятия в целом и его внутренних помещений необходимо соответствующим образом обустроить.

Не стоит забывать, что обустройство приточно – вытяжной системы аэрации должно не только обеспечивать подачу воздуха в пространство помещения, но и выводить уже «отработавший» воздух наружу. Учитывать нужно и то, что воздухообмен должен совершаться вне зависимости от того есть ли на улице ветер или он отсутствует.

При строительстве нужно, используя розу ветров, учесть то направление ветра, которое преобладает в течение года в данной местности. Рассматривая зависимость эффективности процесса аэрации от ветра, можно сказать, что благоприятного скажется на работоспособности системы вентиляции расположение здание под углом от 45 градусов до прямого угла к преобладающему направлению ветра.

Для проекта аэрации промышленного предприятия существует ряд возможных рекомендаций по планированию обустройства внутренних помещений:

1. В зависимости от количества пролетов в цехах промышленных зданий по-разному организуется подача и отвод воздуха из помещения. Если пролет один, то поступление воздуха осуществляется через проёмы наружных стен, а выход – через фрамуги фонарей. Если пролетов больше, то любое перемещение потоков воздуха целесообразно организовать через фонари.

2. Стоит особое внимание количеству и типу загрязняющих веществ, которые выделяются в помещении цеха, тоже оказывают влияние на конструктивное решение при проектировании. Профиль крыши, формы и расположение фрамуг по отношению друг другу и по высоте здания. Иногда на этом этапе выясняется, что применять аэрацию нельзя и необходимо обустройство другого типа системы вентиляции в связи с загазованностью, загрязненностью или перегретостью воздуха под крышей, что несомненно противоречит санитарно-гигиеническим нормам.

3. Расположение проёмов здания со значительными теплоизбытками и выделениями вредных веществ организуется с прилеганием к наиболее длинной наружной стене.

4. Задаваясь целью обеспечить достаточное количество приточного воздуха, на этапе строительства прекрасным решением этой задачи является проектирование цехов без дополнительных к ним пристроек (рис. 2), при этом размещение вспомогательных хозяйственных помещений произвести в торцевых частях здания

5. Не стоит забывать, что при аэрации одним из важных параметров является высота цехов. В случае большого количества выделений теплоты отметка потолка помещения должна быть расположена на уровне, как минимум, 10 м.

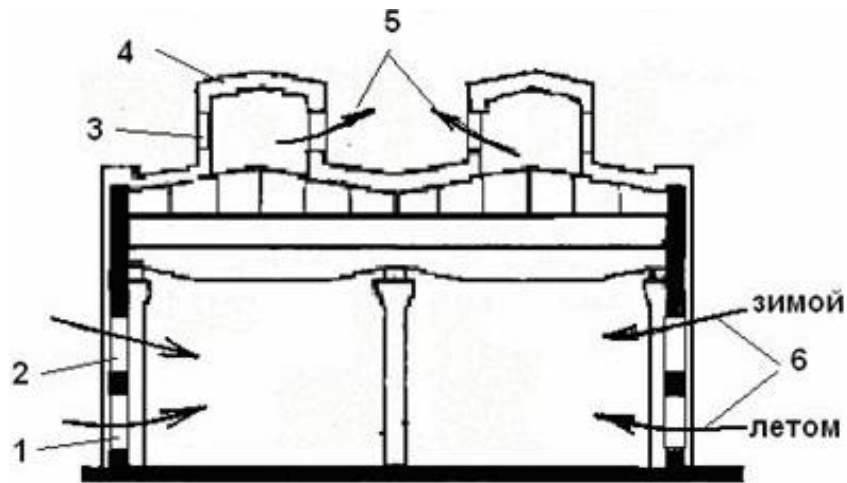


Рис. 2. Схема аэрации производственного здания

1 и 2 – нижние и верхние окна на противоположных продольных стенах здания с открывающимися фрамугами; 3 – окна; 4 – световентиляционные фонари; 5 – удаление «теплого» воздуха; 6 – приток свежего наружного воздуха

При организованном общеобменном воздухообмене удаление воздуха осуществляется через незадуваемые фонари и через шахты снабженные дефлекторами.

При значительных теплоизбытках и избытках вредных паров резонно регулировать степень открытия проёмов приточно-вытяжной системы аэрации. В пространстве кровли размещают аэрационные световые устройства, а в отверстия – фрамуги, которые имеют свой механизм открытия и закрытия.

В теплое время года применение аэрации возможно, если в связи с технологией производства не требуется обработка поступающего воздушного потока (очистка, осушка и т.д.). Также существуют указания по высоте для улучшения воздухопотока и процесса разбавления вредностей: поток воздуха в этот период надлежит подавать на высоте 1,8 м от пола цеха.

Когда проектом предусматривается круглогодичная аэрация, еще одной целью является необходимость уберечь здоровье работников в зимний период года от респираторных заболеваний, предотвращая попадание холодного воздуха. Известно, что в зимний период открываться должны проёмы для подачи воздуха на уровне, как минимум, 4 м от уровня пола. В холодное время года обращают внимание не наличие достаточного количества теплоизбытков в помещении для нагрева поступающего потока воздуха, если их недостаточно, то при воздействии низких температур рекомендуется совмещение аэрации с механической системой вентиляции, то есть часть поступающего воздуха подогревать до 10 – 12°С с помощью вентилятора.

Исполнить вышеприведенные требования можно только при расположении двух рядов фрамуг.

Если помещение небольшой высоты, то воздух можно не подогревать и подавать на уровне ниже 4 м только при условии того, что холодный воздух не окажет воздействия на находящихся в помещении людей. Для этого можно использовать, допустим, козырьки, направляющие воздушный поток вверх [6, 7].

С целью защиты от ветра аэрационных фонарей устанавливаются специальные ветроотбойные щиты, а сами фонари конструктивно выполняются незадуваемыми.

Для правильной и рациональной организации воздухообмена створки окон и фонарей снабжают специальными устройствами регулирования.

По типу конструкции аэрация бывает канальной и бесканальной. В зависимости от геометрических параметров помещения и объемом возможных пыле- и газо-выделений осмысленно осуществляется выбор между ними.

Для больших по размерам помещений, а также сооружений со значительным тепловыделением применяется система из специально устроенных приточных и вытяжных проемов с регулируемой степенью открытия, что и является бесканальной вентиляцией. Проемами оборудуются стены, а в кровле устанавливаются аэрационные фонари. Во всех проемах монтируются фрамуги, которые можно открывать и закрывать с помощью механического привода с пола помещения.

Канальная аэрация подходит для малогабаритных помещений и многоэтажных домов. Воздух, наполненный различными вредностями, уходит в вентиляционные шахты, размещенные в стенах. На крыше здания монтируются дефлекторы в местах выхода каналов. Так с помощью них создается воздушная тяга при обдуве ветром и поэтому осуществляется аэрация воздуха в необходимом нам пространстве.

Выбор системы вентиляции подразумевает то, что вентиляция должна быть работоспособной, энергоэффективной, простой в эксплуатации, надежной и, что немало важно, иметь относительно недорогую стоимость. Иногда именно последний критерий становится основополагающим решением в пользу выбора системы аэрации при условии обеспечения требований к воздуху рабочей зоны в цеху.

Объект исследования.

В качестве объекта исследований был выбран строящийся термического цеха, расположенного в г. Чита. Температура наружного воздуха: ТПГ $t_{н} = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$, ХПГ $t_{н} = -38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Здание одноэтажное.

Параметры внутреннего, приточного и удаляемого воздуха принимаются по рекомендациям [2] и сведены в таблицу.

Параметры воздушной среды

Наименование	ТПГ	ХПГ
температура внутреннего воздуха, $t_{в}$, $^{\circ}\text{C}$	27	18
температура приточного воздуха, $t_{п}$, $^{\circ}\text{C}$	24	8
температура удаляемого воздуха, $t_{у}$, $^{\circ}\text{C}$	34	34,7

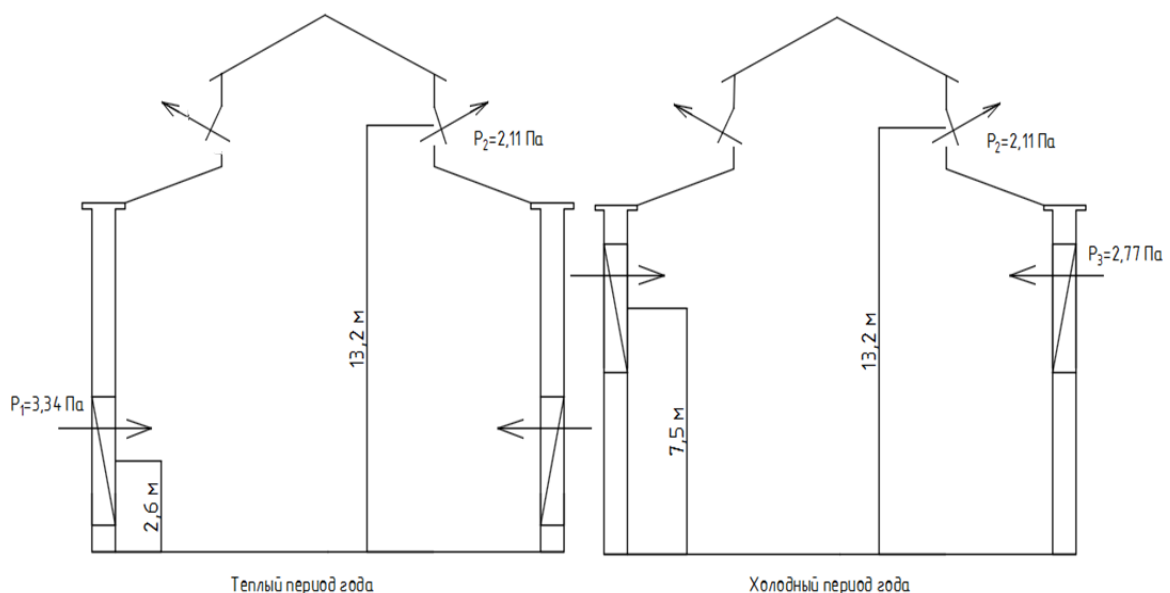


Рис. 3. Зависимость избыточного давления от высоты здания

Вытяжная вентиляция представлена естественной системой аэрации через аэрационный фонарь, а приточная – естественной в нижнюю зону помещения для локализации теплоизбытков и воздушными душами у постоянных рабочих мест, расположенных около оборудования.

В выбранном цеху существуют следующие размеры проёмов:

1. $F_{\text{выт}} = 81 \text{ м}^2$ – площадь светоаэрационного фонаря.

2. $F_{\text{пр}} = 60 \text{ м}^2$ – площадь функционирующих в требуемый период приточных оконных проёмов.

Пролет горячего отделения оборудован светоаэрационным фонарем незадуваемой конструкции. Отметка середины проема + 13,2 м. Среднестатистическая высота цеха на отметке +11,2 м.

Расчет вентиляции, в том числе аэрации, основан на обеспечении баланса воздухообмена: массовое количество воздуха, входящего в здание за единицу времени, равно массовому количеству воздуха, выходящего из здания:

$$G_{\text{yx}} = G_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где G_{yx} и $G_{\text{пр}}$ – воздухообмены для уходящего и приточного воздуха соответственно.

Количество расхода воздуха через аэрационные проемы рассчитывается по формуле:

$$G = 3600 \mu f (2g \Delta p_{\text{изб.}} \rho)^{0,5}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент расхода проема;

f – площадь аэрационного проема, м^2 ;

$\Delta p_{\text{изб.}}$ – избыточное давление на оси аэрационного проема, Па;

ρ – плотность воздуха (наружного для приточных проемов и удаляемого из помещения для вытяжных), $\text{кг}/\text{м}^3$.

С учётом того, что избыточное давление на оси аэрационного проема на отметке +2,6 м составляет 3,34 Па, то максимальный расход воздуха через аэрационный проем в теплый период года по формуле (2):

$$G_{\text{тпг}} = 3600 \cdot 0,45 \cdot 60 \cdot (2 \cdot 9,81 \cdot (3,34 + 0,37) \cdot 1,19)^{0,5} = 904\,640 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В холодный период года створки светоаэрационного фонаря в горячем отделении открывают лишь для обеспечения воздухообмена, рассчитанного из условия удаления вредных газов.

Основной вредностью в цехе является оксид углерода, выделяющийся в результате сжигания природного газа.

Количество природного газа, необходимого для сжигания топлива:

$$G_2 = \frac{Q_{\text{ост}}}{q \cdot \eta} = \frac{18429}{9,3 \cdot 0,9} = 2202 \text{ м}^3, \quad (3)$$

q – удельная теплота сгорания газа, $\text{кВт}/\text{м}^3$; η – КПД.

В пересчете на кг это значение будет 2642 кг.

Тогда количество воздуха, необходимое для разбавления СО:

$$G_{\text{yx}} = \frac{M_{\text{вред}}}{\frac{c_{\text{y1}}}{\rho_{\text{y1}}} - \frac{c_{\text{n1}}}{\rho_{\text{n1}}}}, \quad (4)$$

где $M_{\text{вред}}$ – газовыделения, $M_{\text{вред}(\text{CO})} = 7 \text{ г}/\text{кг}$.

Для расхода $G_2 = 2642 \text{ кг}$ количество вредных выделений равно $M_{\text{вред}(\text{CO})} = 18494 \text{ г}$

c_{y1} , c_{n1} – концентрации вредных веществ в удаляемом и приточном воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$,

$c_{\text{y1}(\text{CO})} = 0,524 \text{ г}/\text{м}^3$, $c_{\text{n1}(\text{CO})} = 0 \text{ г}/\text{м}^3$;

ρ_{y1} , ρ_{n1} – плотность удаляемого и приточного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$G_{yx} = \frac{18494}{\frac{0,524}{1,12} - 0} = 39534 \text{ кг/ч}, \quad (5)$$

$$L_{yx} = L_{np} = 39534 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 32943 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6)$$

Таким образом, с учетом того, что воздух поступает с двух сторон, то расход с каждой стороны составит $L_{np} = 16471 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Требуемое количество воздуха для ассимиляции тепловыделений, которое должно поступать в помещение через окна снаружи или одновременно и через примыкающий холодный пролет:

$$G = \frac{a \cdot m \cdot Q_{изб}}{0,28(t_{pz} - t_n)}, \quad (7)$$

a – коэффициент, учитывающий высоту расположения приточных проемов от пола; его значения в зависимости от расстояния до оси проема;

$Q_{изб}$ – избыточные тепловыделения в помещении, Вт;

t_{pz} – температура в рабочей зоне, °С;

t_n – расчетная температура приточного воздуха, °С;

$Q_{огр}$ – потери тепла наружными ограждениями, Вт.

Учитывая, что в помещении присутствуют значительные избытки теплоты, то расчёт вентиляции ведется с учётом максимально неблагоприятных условий – в тёплый период года с учётом полной загруженности оборудования:

$$G = \frac{1,04 \cdot 0,3 \cdot 3188000}{0,28(27 - 24)} = 1184114 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 995054 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таким образом, имеющегося притока воздуха недостаточно. В таком случае обеспечить дополнительный приток воздуха можно посредством применения системы воздушного душирования. Это одновременно позволит не только обеспечить требуемый приток воздуха, но и создать локальные благоприятные условия рабочих мест, находящихся около оборудования с интенсивным тепловым излучением.

Цель применения воздушных душей заключается в поддержании санитарно-гигиенических условий воздушной среды, отличных от преобладающих в цеху на месте постоянного пребывания рабочих.

Так как работа производится в обстановке ощутимого теплового излучения, для того чтобы поддерживать требуемую температуру и влажность воздуха и не допускать нарушение терморегуляции находящихся в цеху людей, воздушные души должны дополнять систему аэрации современных цехов. Это обуславливается тем, что естественный приток, обуславливаемый при аэрации расположением приточных отверстий, не может в достаточной степени обслужить рабочие места.

Комбинирование систем аэрации и воздушного душирования имеет особое значение и в силу того, что при естественном вентилировании воздух вводится в пространство цеха без температурной обработки, а подогрев и охлаждение для воздушных душей могут быть осуществлены с небольшими затратами.

Рассмотрим, какое же количество воздуха может быть подано душирующими патрубками. Расчёт ведём для тёплого периода года.

Обработка подаваемого воздуха в тёплый период наружный воздух заключается в охлаждении в форсуночной камере.

На I-d – диаграмме находим точку, соответствующую параметрам наружного воздуха в тёплый период года и определяем температуру на выходе из форсуночной камеры $t_{охл} = 17,8^\circ\text{С}$.

Температуру на выходе из насадка $t_o, ^\circ\text{C}$, принимаем с условием нагрева воздуха в вентиляторе.

$$t_o = t_{\text{охл}} + 1,5 = 17,8 + 1,5 = 19,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Находим параметр по отношению разности температур воздуха на рабочем месте p_t , по которому определяется тип охлаждения по следующей формуле:

$$p_t = \frac{t_{p3} - t_p}{t_{p3} - t_o}, \quad (8)$$

где t_{p3} – температура рабочей зоны, $^\circ\text{C}$;

t_p – температура воздуха при тепловом облучении, принимаем $20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$p_t = \frac{27 - 20}{27 - 19,3} = 0,91$$

При значении параметра $p_t < 1$ применяют адиабатическое охлаждение воздуха в форсуночной камере, как более выгодный способ.

Площадь выходного сечения патрубка определяется следующим образом:

$$F_0 = \left(\frac{x + 5,3 \cdot p_t - 3,2}{0,75 \cdot n} \right)^2, \quad (9)$$

где x – расстояние от душирующего патрубка до рабочей зоны, м;

n – коэффициент, характеризующий изменение температуры на оси струи, принимаемый для универсального душирующего воздухораспределителя типа УДВ равным 4,9.

$$F_0 = \left(\frac{1,5 + 5,3 \cdot 0,91 - 3,2}{0,75 \cdot 4,9} \right)^2 = 0,72 \text{ м}^2$$

По полученной площади принимаем душирующие патрубки УДВ с площадью выходного сечения патрубка $F = 0,81 \text{ м}^2$.

Скорость истечения из душирующего патрубка определяется по формуле:

$$v_0 = \frac{v_p}{0,7 + 0,1 \cdot (0,8 \cdot m \cdot \sqrt{F} - x)}, \quad (10)$$

где v_p – нормируемая скорость движения воздуха при воздушном душировании, м/с;

m – коэффициент затухания скорости в струе, принимаемый для патрубков УДВ равным 6;

$$v_0 = \frac{2}{0,7 + 0,1 \cdot (0,8 \cdot 6 \cdot \sqrt{0,81} - 1,5)} = 2 \text{ м/с}$$

Определяем расход воздуха, подаваемого через душирующий воздухораспределитель, по формуле:

$$L_0 = F \cdot v_0 \cdot 3600, \quad (11)$$

$$L_0 = 0,81 \cdot 2 \cdot 3600 = 5832 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таким образом, получаем расход воздуха, подаваемого одним патрубком $L_0 = 5832 \text{ м}^3/\text{ч}$, следовательно, при полной загруженности оборудования при работе всех патрубков общий расход воздуха для 17 штук $L = 99144 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В промышленных цехах, спроектированных с учетом аэрации, расход воздуха для воздушных душей составляет незначительный, но немаловажный с санитарно-гигиенической стороны, процент от естественного воздухообмена, что и видно на графике, приведенном ниже.

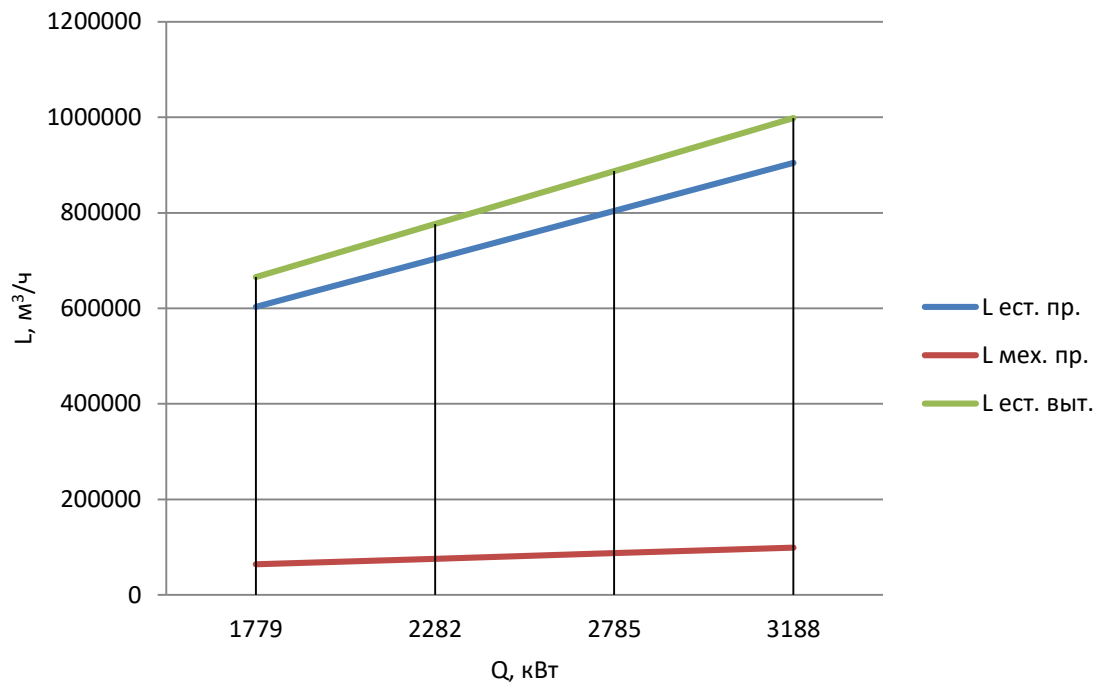


Рис. 4. Зависимость расхода воздуха от количества избыточных тепловыделений при учёте изменения угла регулирования

Заключение.

Опираясь на совокупность всех ранее перечисленных и упомянутых рекомендаций, для эффективной работы выбор системы вентиляции должен происходить еще на этапе проектирования здания, делать это должны профессионалы с учетом требований законодательства и других применимых требований, специфики отрасли и при активном участии технологов предприятия.

Несмотря на то, что системы естественной вентиляции считаются более примитивными в плане поддержания комфортной среды и излишне зависимыми от внешних метеорологических факторов, их применение может не только экономить энергию при переносе больших объемов воздуха, но и значительно сократить инвестируемые в проект средства. Но, никогда не стоит забывать, что в первую очередь важно здоровье находящихся в помещении работников и следить о поддержании необходимых параметров микроклимата в рабочей зоне помещения, в чём, в случае недостатка приточного воздуха, успешно применение систем воздушного душирования. Несмотря на то, что расход приточного воздуха, поступающего механическим путем к рабочим местам, занимает небольшую долю по сравнению с расходами путем аэрации, но душирование позволяет поддерживать те параметры воздуха, которые препятствуют нарушению терморегуляции организма при тепловом излучении.

Библиографический список

1. Батурин В. В. Аэрация промышленных зданий / В.В. Батурин, В. М. Эльтерман. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Госстройиздат, 1962. – 320 с.
2. Молчанов Б. С. Проектирование промышленной вентиляции / Б. С. Молчанов. – Ленинград: Стройиздат, 1970. – 239 с.
3. Стефанов Е. В. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Е. В. Стефанов. – СПб: АВОК Северо-запад, 2005. – 402 с.
4. Свистунов В. М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного-комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: учебник для вузов / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. – 2-е изд. – СПб.: Политехника, 2007. – 423 с.

5. Батури́н В. В. Основы промышленной вентиляции / В.В. Батури́н – 4-е изд., сокр. – Москва: Госстройиздат, 1962. – 320 с.
6. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем / И.Г. Грачев [и др.]; под ред. А.С. Юрьева – СПб.: АНО НПО Мир и семья, 2001. – 1154 с.
7. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В.А. Ананьев [и др.]. – М.: Евроклимат, 2001. – 416 с.
8. Родин А. К. Вентиляция производственных зданий / А.К. Родин. – Саратов: Изд-во СГТУ, 1997. – 122 с.
9. Волков О. Д. Проектирование вентиляции промышленного здания / О.Д. Волков. – Х.: Изд-во Высш. шк. ХГУ, 1989. – 240 с.
10. Беккер А. Системы вентиляции / А. Беккер. – М.: Евроклимат, 2005. – 232 с.
11. Шиляев М. И. Типовые примеры расчета систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие / М.И. Шиляев, Е.М. Хромова, Ю.Н. Дорошенко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 288 с.
12. 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.

УДК 621.313.292

Воронежский государственный технический университет
студентка группы БУТС-201
Киселёва Д.Д.

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

Воронежский государственный технический университет
студент группы мЭП-191
Рубцов Н.И.

Россия, г. Воронеж
тел.: 89525538978
e-mail: nrubcov85@gmail.com

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 БУТС-201
Kiseleva D.D.
Russia, Voronezh
tel.: 89529510423
e-mail: kis.daria02@mail.ru

Voronezh State Technical University
student of the Group мЭП-191
Rubtsov N.I.
Russia, Voronezh
tel.: 89525538978
e-mail: nrubcov85@gmail.com

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. Рубцов, С.А. Винокуров
**ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА В СИСТЕМЕ
С БЕСКОНТАКТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Аннотация. В работе рассматривается задача определения чувствительности электромагнитного момента в системе с бесконтактным двигателем постоянного тока при изменении параметров как в аппаратной части самой системы, так и управляющих воздействий. Система управления рассматривается как импульсная, в которой регулирование осуществляется за счет коммутации базовых векторов, а также предусматриваются возможности пульсации каждого базового вектора. Сигналы обратной связи в такой системе обеспечиваются с помощью электромеханических датчиков или наблюдателей состояния с применением метода косвенных измерений.

Ключевые слова: система управления, бесконтактный двигатель постоянного тока, переменные состояния, чувствительность системы, наблюдатель состояния.

D.D. Kiseleva, N.I. Rubtsov, S.A. Vinokurov
**SENSITIVITY OF ELECTROMAGNETIC TORQUE IN THE SYSTEM WITH CONTACTLESS
DC MOTOR**

Annotation. The paper considers the problem of determining the sensitivity of the electromagnetic torque in a system with a contactless DC motor when changing parameters, both in the hardware of the system itself and in control actions. The control system is considered as an impulse one, in which regulation is carried out due to the commutation of the base vectors, and the possibilities of pulsation of each base vector are also provided. Feedback signals in such a system are provided using electromechanical sensors or state observers using the method of indirect measurements.

Key words: control system, contactless direct current motor, state variables, system sensitivity, state observer.

Электромеханические системы, в которых применяются бесконтактные двигатели постоянного тока (БДПТ), обеспечивают энергосберегающую технологию, высокую точность отработки управляющих сигналов и большую чувствительность к изменению параметров, как в аппаратной части, так и при формировании управляющих сигналов. В связи с этим необходимо решить задачу оценки и выбора переменных состояния системы

управления на базе БДПТ, которые необходимо восстанавливать при неполных обратных связях и обеспечивать их регулирование [1]. Наибольший интерес представляет чувствительность электромагнитного момента БДПТ к изменению конструктивных параметров и управляющих сигналов.

При выборе переменных состояния, которые определяют поведение электромеханической системы с БДПТ и требуют регулирования для обеспечения качества процесса, нужно осуществлять с позиции обеспечения требуемого критерия качества P .

При анализе процессов будем исходить из того, что если выбранный параметр (переменная состояния системы) q_i обладает большей степенью влияния на критерий качества процесса P , чем параметр q_k , то есть

$$\frac{\partial P}{\partial q_i} > \frac{\partial P}{\partial q_k}, \quad (1)$$

то для изменения критерия качества P нет необходимости изменять оба параметра при формировании управляющей функции. Это важно в тех случаях, когда реализации процесса изменения параметра трудоёмкая операция, как с позиции аппаратной части, так и программной.

Например, изменение длительности пульсирующего импульса при постоянной амплитуде и изменение амплитуды этого импульса при постоянной длительности импульса при малых отклонениях дадут практически одинаковый эффект влияния на изменение электромагнитного момента. При этом реализация первого варианта проще, так как эта задача решается с помощью управляемого инвертора и сводится к определению моментов включения и выключения его силовых ключей. Второй вариант сложнее, так как необходимо изменять амплитуду сигнала, а это связано с дополнительным преобразованием энергии, а не информации.

Поэтому, если изменением лишь одного параметра q_i (если пределы изменения этого параметра позволяют) можно добиться влияния на критерий качества P , то управление в такой системе можно обеспечить по одному параметру.

Для решения вопроса о выборе переменных состояния в системе с БДПТ необходимо предусмотреть в первую очередь влияния параметров системы на качественные показатели. Для случая, когда влияние двух параметров практически равнозначно, необходимо добавить дополнительный критерий эффективности управления.

При выборе переменных состояния, требующих восстановления для обеспечения работы контура регулирования, необходимо решить задачи, которые позволят [2]:

- определить степень влияния контролируемых параметров на работоспособность системы с БДПТ;
- выбрать параметры для переменных состояния, которые позволили классифицировать состояние системы;
- определить критические значения выбранных переменных состояния;
- оценить характеристики работоспособности системы, с позиции надежности, живучести и стойкости, при заданных ограничениях эксплуатации.

Для оценки состояния электромеханической системы с БДПТ условно разделим её на информационную, энергетическую и механическую составляющие. Процесс управления представим как преобразование информации. Результатом этого преобразования будет воздействие на инвертор, который коммутирует напряжение источника и подключает его по определенному алгоритму к обмоткам двигателя [3].

Свойства самого преобразователя (системы управления) определяются функцией его параметров. В данном случае это параметры процесса $q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_m$, например, информация о скорости вращения, напряжении питания, моменте переключения базовых векторов, длительности импульсов, периоде пульсирующих импульсов и т.д.

В итоге преобразования исходной информации определяется требуемый показатель процесса. Функции преобразования $\Psi_i(q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_m, t)$, в общем случае зависят от времени и определяется алгоритмом расчета данного показателя X_i .

Ошибка процесса управления $\Delta \bar{x}$ в такой системе характеризует как отклонения показателей аппаратной части электромеханической системы, так самого процесса управления. Это может быть связано с разбросом параметров оборудования и аппаратуры, ошибками настройки параметров и старением деталей и элементов свсей системы.

В электромеханической системе с БДПТ управление осуществляется за счет переключения базовых векторов или создания пульсирующих базовых векторов, поэтому для описания процессов в двигателе можно воспользоваться уравнением, которое может описать его состояние за время существования одного базового вектора.

Уравнение механической характеристики, которое получено с помощью векторной диаграммы, имеет вид [4]

$$M_{эм} = \frac{pmC_e\Phi_0}{\omega^2 L^2 + r^2} [U(r \cos \theta + \omega L \sin \theta) - rC_e\Phi_0\omega], \quad (2)$$

где величины L , r , C_e и Φ_0 определяются конструкцией двигателя, индуктивностью фазы, её активным сопротивлением, геометрией машины и основным потоком магнитного поля.

Управление импульсное, поэтому рассмотрим изменение электромагнитного момента при переходе от N к $N+1$ импульсу

$$\Delta M_{эм} = M_{эм}[N] - M_{эм}[N+1] \quad (3)$$

$$\Delta M_{эм} = \frac{\partial M_{эм}}{\partial \theta} \cdot \theta + \frac{\partial M_{эм}}{\partial \omega} \cdot \Delta \omega + \frac{\partial M_{эм}}{\partial U} \Delta U \quad (4)$$

Исследования необходимо провести на промежутке времени между началом $N+1$ и N импульсов, который будет равен периоду модулирующего сигнала при широтно-импульсной модуляции.

Из формулы (4) видно, что в процессе управления электромагнитным моментом при переходе от одного импульса к другому задействованы несколько параметров, поэтому необходимо среди них выделить те, которые оказывают наибольшую степень влияния на качество процесса. Определим частные производные от $M_{эм}$ по варьируемым параметрам в выражении (2)

$$\frac{\partial M_{эм}}{\partial \theta} = \frac{pmC_e\Phi_0 U}{\omega^2 L^2 + r^2} (\omega L \cos \theta + r \sin \theta) \quad (5)$$

$$\frac{\partial M_{эм}}{\partial U} = \frac{pmC_e\Phi_0}{\omega^2 L^2 + r^2} (r \cos \theta - \omega L \sin \theta) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M_{эм}}{\partial \omega} = \frac{pmC_e\Phi_0}{\omega^2 L^2 + r^2} \left[-\frac{2\omega L^2}{\omega^2 L^2 + r^2} (U \cdot r \cos \theta + U \cdot \omega L \sin \theta - rC_e\Phi_0\omega) + \right. \\ \left. + L \cdot U \sin \theta - rC_e\Phi_0 \right] \quad (7) \end{aligned}$$

В процессе эксплуатации двигателя могут варьироваться такие параметры, как L , r , C_e , Φ_0 , поэтому определим их влияние на электромагнитный момент $M_{эм}$.

В процессе работы системы повышается температура электродвигателя, что оказывает влияние на активное сопротивление обмотки r , определим чувствительность электромагнитного момента к увеличению этого сопротивления

$$\frac{\partial M_{эм}}{\partial r} = \frac{pmC_e\Phi_0}{\omega^2L^2+r^2} \left\{ (U \cos \theta - C_e\Phi_0\omega) - \frac{2r(U \cdot r \cos \theta + U \cdot \omega L \sin \theta - rC_e\Phi_0\omega)}{\omega^2L^2+r^2} \right\} \quad (8)$$

Для упрощения анализа будем считать, что индуктивное сопротивление L практически не влияет на величину электромагнитного момента в процессе работы

$$\frac{\partial M_{эм}}{\partial L} = 0 \quad (9)$$

Случаи отклонения величин C_e и Φ_0 от их номинальных значений в процессе работы встречаются редко, частные производные по этим параметрам можно определить аналогичным образом, но чаще всего

$$\frac{\partial M_{эм}}{\partial C_e} = 0 \text{ и } \frac{\partial M_{эм}}{\partial \Phi_0} = 0 \quad (10)$$

Полученные формулы (5 – 9) позволят для выбранного двигателя определить чувствительность электромагнитного момента к изменению различных параметров и выбрать ток, который оказывает наибольшее влияние на качество процесса. Оценку регулируемых параметров в БДПТ необходимо проводить в различных областях работы электродвигателя, из-за отличия качества процесса на низких и высоких частотах. В некоторых электромеханических системах с БДПТ используют адаптивные регуляторы параметров для обеспечения требуемого качества процессов [5 - 6]. Выбор параметров регулирования желательно строить таким образом, чтобы основное преобразование сигнала осуществлялось программно, без введения дополнительной аппаратной части.

Библиографический список

1. Винокуров, С.А. Исследование состояний системы управления бесконтактными двигателями постоянного тока/ С.А. Винокуров, Д.Д. Киселёва, А.С.Громов// В книге: Перспективные научные разработки (ПНР-2020). Труды II Всероссийской научно-технической конференции. 2020. С. 31-33.
2. Винокуров, С.А. Эволюция состояния наблюдателя от импульса к импульсу в электроприводе с бесконтактным двигателем постоянного тока/С.А. Винокуров, О.А. Киселёва, Н.И. Рубцов//Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 4 (27). С. 25-26.
3. 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.
4. Пархоменко, Г.А. Исследование характеристик бесщеточных электродвигателей постоянного тока//Энергия – XXI №2(90) 2015. с.71- 83.
5. Киселёва, О.А. Система управления электропривода с бесконтактным двигателем постоянного тока при дискретных воздействиях и дискретном съеме информации/О.А. Киселёва, Т.В. Попова, Н.И.Рубцов// Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве. Труды Международной научно-технической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Зайцева Александра Ивановича. г. Воронеж, 2019. С. 293-298.
6. Громов, А.С. Параллельное включение бесконтактных двигателей постоянного тока к источнику ограниченной мощности/ А.С. Громов, Д.Д. Киселёва, В.Г. Колмаков// В книге: Перспективные научные разработки (ПНР-2020). Труды II Всероссийской научно-технической конференции. 2020. С. 28-30.

УДК 528.482.5

Воронежский государственный
технический университет
студент группы БГЕО-171
строительного факультета
Ермолина Т.П.

Россия, г. Воронеж
тел.: +79518598036
e-mail: ermolina2003@mail.ru

Воронежский государственный
технический университет
доцент кафедры кадастра недвижимости,
землеустройства и геодезии
Попов Б.А.

Россия, г. Воронеж
тел.: +79155472794
e-mail: b.p.geo@yandex.ru

Voronezh State Technical University
Student of group bGEO-171
faculty of building
Ermolina T.P.

Russia, Voronezh
tel.: +79518598036
e-mail: ermolina2003@mail.ru

Voronezh State Technical University
Associate Professor of the Department of Real Estate
Cadastre, Land Management and Geodesy
Popov B.A.

Russia, Voronezh
tel.: +79155472794
e-mail: b.p.geo@yandex.ru

Т.П. Ермолина, Б.А. Попов ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕНОВ ДЫМОВЫХ ТРУБ РОСТОВСКОЙ ТЭЦ

Аннотация. В данной работе рассмотрен цикл наблюдений (определение крена дымовой трубы) за деформациями промышленных зданий и сооружений на примере Ростовской ТЭЦ, а также цикл наблюдений за осадками дымовой трубы. Проводимые такого рода исследования являются необходимыми для предотвращения аварийного состояния и разрушения здания промышленного типа. В данной работе представлены этапы полевых измерений, расчет крена методом прямоугольных координат (многократной угловой засечки), а также произведена оценка точности определения крена.

Ключевые слова: геодезия, промышленное сооружение, крен, метод прямоугольных координат.

Т.П. Ermolina, B.A. Popov DETERMINATION OF ROLL OF CHIMNEYS OF THE ROSTOV CHP

Introduction. This work considers the cycle of observation (determining the roll of the chimney) of determinations of industrial buildings and construction on the example of the Rostov CHP, as well as the cycle of observations of chimneys precipitation. This type of research is necessary to prevent accidents and destruction of industrial buildings. This article presents the stage of fields measurements, calculation of the roll of rectangular coordinates (multiple angular serifs), and estimates the accuracy of determining the roll.

Keywords: Geodesy, industrial building, a roll, the method of rectangular coordinates

Крен дымовой трубы является наиболее характерным показателем комплексной деформации сооружений башенного типа и его основания. В подобных сооружениях, обладающих повышенной чувствительностью к деформациям грунтов основания, крен, превышающий допустимые значения, как правило, приводит к потере устойчивости, аварийному состоянию и разрушению сооружения.

Наиболее полную информацию о кренах сооружений получают по результатам систематических геодезических наблюдений. Подобные наблюдения позволяют определить абсолютную величину крена, его приращение и направление в системе координат опорных пунктов.

В период с 10.03.20 по 22.03.20г. на территории Ростовской ТЭЦ-2 был проведен геодезический мониторинг промышленных зданий и сооружений, в том числе определение крена дымовой трубы (один цикл наблюдений).

В современной практике определения кренов высотных сооружений наибольшее распространение получили метод координат, методы горизонтальных и малых углов. На исследуемом объекте применялся метод прямоугольных координат (многократной угловой засечки).

Ростовская ТЭЦ имени Ленина (ТЭЦ-2) - это одно из основных энергетических предприятий Южного федерального округа, которое является генерирующей мощностью «Лукойл-Ростовэнерго» (рис. 1).



Рис. 1. Ростовская ТЭЦ-2

Суть метода заключается в следующем: на каждом из опорных пунктов производятся измерения горизонтальных направлений от опорной линии на левую или правую образующую видимого нижнего пояса (а), среднего (в) и верхнего (с) дымовой трубы (рис. 2).

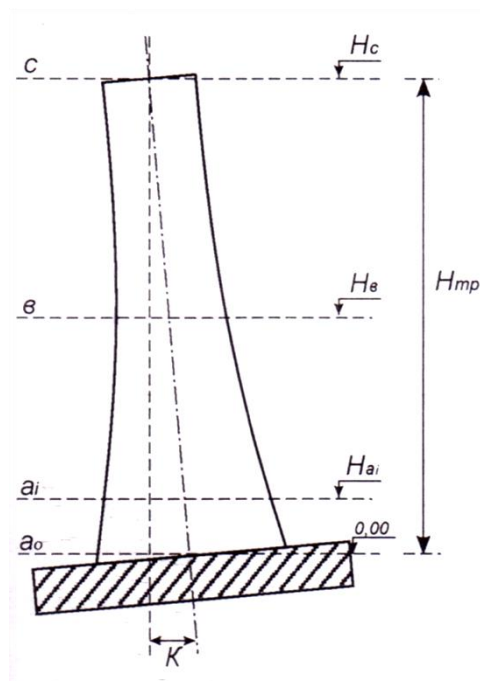


Рис. 2. Схема визируемых поясов

По полученным измерениям вычисляются направления на геометрический центр трубы. Кроме того, производятся измерения зенитных расстояний на каждый из наблюдаемых поясов, позволяющих определить их высоту относительно основания. При этом с каждого пункта наблюдаются, по возможности, заранее намеченные, одинаковые по высоте точки трубы. Вычислительная обработка полученных измерений состоит из решения многократной прямой угловой засечки, в результате которой определяются координаты

центра видимого нижнего пояса x_a, y_a , а также центров среднего и нижнего поясов $x_b, y_b; x_c, y_c$.

1. Вычисляются частные абсолютные крены среднего K'_b и верхнего пояса K'_c по формулам:

$$K'_b = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}$$

$$K'_c = \sqrt{(x_a - x_c)^2 + (y_a - y_c)^2}$$

2. Частные крены, определяемые относительно видимого нижнего пояса a_i редуцируются на основание фундамента a_0 по формулам:

$$K_b = \frac{K'_b}{H_b - H_{ai}} H_a - \text{для среднего пояса}$$

$$K_c = \frac{K'_c}{H_c - H_{ai}} H_c - \text{для верхнего пояса,}$$

где K_b и K_c – полный крен соответственно среднего и верхнего поясов; H_{ai}, H_b, H_c – высоты видимых нижнего (a), среднего (b) и верхнего (c) поясов относительно основания фундамента, принятого за ноль.

3. Вычисляется направление крена (дирекционный угол) в системе координат сетки промплощадки из соотношения:

$$\operatorname{tg} a_k = \frac{\Delta y}{\Delta x},$$

где Δy и Δx – разности координат среднего (верхнего) и нижнего поясов.

4. Вычисляется относительное значение крена в мм/м:

$$K_{mm/m} = \frac{K}{H},$$

где K – крен среднего (верхнего) пояса дымовой трубы; H – высота пояса относительно основания фундамента.

Расчет точности определения крена

Согласно действующим нормативным документам, предельная погрешность крена сооружения башенного типа определяется из соотношения $\Delta k = 0,0005H$, где H – высота сооружения. Перейдя к средней квадратической погрешности, имеем:

$$m_k = \Delta k / 2,5 = 0,0002H.$$

В нашем случае при $H = 149$ м, имеем $m_k = 0,0002 * 149 \approx 3,0$ см.

Из-за невозможности выполнить наблюдения на цокольную часть трубы, формула для вычисления средней квадратической погрешности определения частного крена имеет следующий вид:

$$m_h = m_k \frac{H - H_{ai}}{H},$$

где m_h – средняя квадратическая погрешность определения частного крена относительно нижнего видимого пояса a_i (рис.1), H_{ai} – высота видимого нижнего пояса относительно основания фундамента, принятого за ноль; H – высота наблюдаемого пояса относительно фундамента.

В нашем случае H_{ai} составляет 21 м. Тогда для верхнего пояса имеем:

$$m_h = 3,0 \frac{149 - 21}{149} = 2,6 \text{ см.}$$

Данная точность определения крена должна быть выдержана при производстве геодезических наблюдений.

Ошибка определения положения точки однократной прямой угловой засечкой определяется по формуле:

$$m_{(xy)} = \frac{m_{\beta}}{\rho \sin \gamma} \sqrt{d_1^2 + d_2^2},$$

где m_{β} - средняя квадратическая погрешность измерения направления, равная 5" (большей точности добиться трудно из-за влияния рефракционных полей на промплощадке ТЭЦ); γ - угол при засекаемой точке; d_1 и d_2 - расстояния от твердых контуров до засекаемой точки.

Анализируя вышеприведенную формулу имеем, при $m_{\beta} = 5''$; d_1 и $d_2 = 200\text{м}$ и $\gamma = 60^{\circ}$

$$m_{(xy)} \leq \frac{5}{206265 \cdot \sin 60^{\circ}} \cdot 20000\sqrt{2} = 0,8\text{см}$$

При определении крена из двух вариантов прямой засечки точность выполнения измерений повысится примерно в 1,4 раза. Окончательно:

$$m_{(xy)} = \frac{0,8}{\sqrt{2}} \approx 0,6\text{см}$$

При $\gamma = 30^{\circ}$ имеем $m_{(xy)} = 1\text{см}$

Тогда, при средней квадратической погрешности измерения угла 5", расстояниях от опорных пунктов до трубы не более 200м и угле при засекаемой точке не менее 30° средняя квадратическая ошибка определения частного крена не превысит 1 см, что более, чем в два раза меньше величины, указанной в инструкции.

Полевые измерения

С пунктов сети двумя приемами производились измерения горизонтальных направлений на образующие видимых поясов (верхнего, среднего и нижнего) рис. 3. Одновременно, для определения высоты пояса наблюдения относительно подошвы фундамента определялись вертикальные углы.

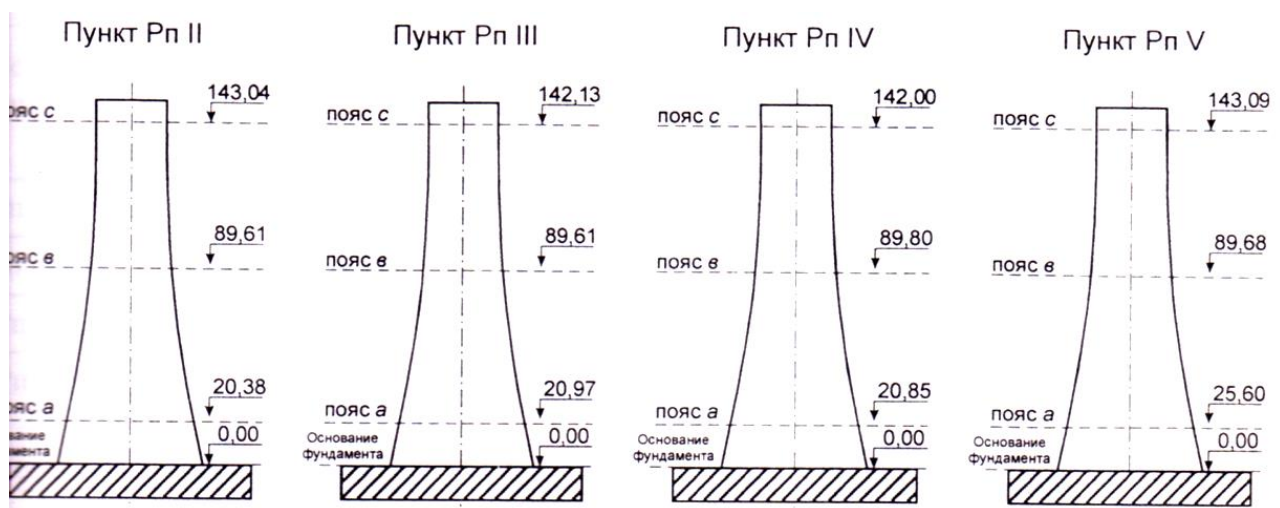


Рис. 3. Схема отметок визируемых поясов

Кроме определения крена, был выполнен цикл наблюдений за осадками дымовой трубы. Нивелирование 2 класса выполнялось традиционным способом от существующего глубинного репера. По данным нивелирования осадочных марок были определены текущие вертикальные смещения и составлены эпюры вертикальных деформаций. Схема нивелирования и изолинии вертикальных смещений дымовой трубы представлены на рис. 4 и 5.

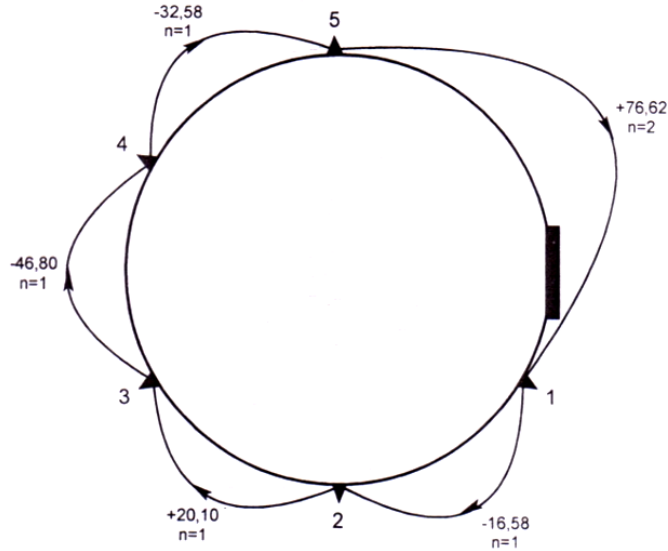
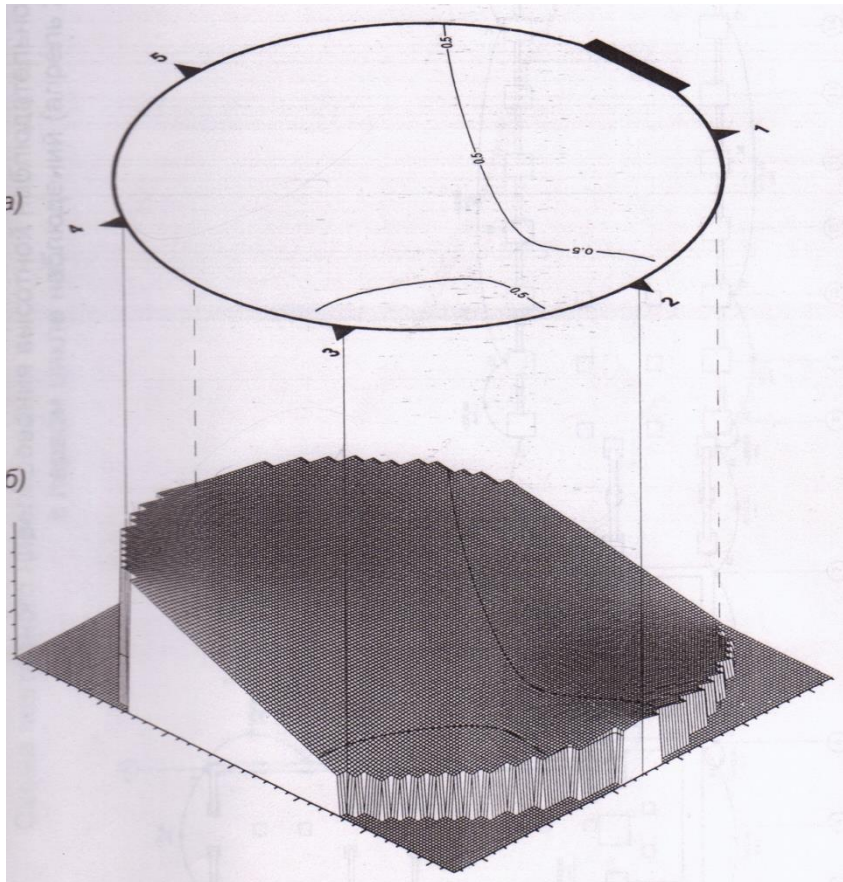


Рис. 4. Схема нивелирования высотной сети дымовой трубы



Сплошные горизонтالي проведены через 0.5 мм

Рис. 5. Изолинии вертикальных смещений дымовой трубы ТЭЦ

Библиографический список

1. Борисов П.П. Создание 3d-модели участка дренажных сооружений для дальнейшей загрузки в систему нивелирования / Б.А. Попов // Студент и наука. – 2019. - №2. – С. 40-46.
2. Воронов А.А. Комплексный геотехнический мониторинг зданий и сооружений воронежской атомной станции теплоснабжения (ВАСТ) / Попов Б.А. // Студент и наука. – 2018. - №4. – С. 7.
3. Поклад Г.Г. Инженерная геодезия: учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев, Б.А. Попов; Берлин - М.: Директ – Медиа, 2020. - 498 с.
4. Буянов В.И. Попов Б.А. Методы обследования и усиления аварийных строительных конструкций: учебное пособие для вузов / В.И. Буянов, Б.А. Попов; - Воронеж: ВГАСУ, 2008. - 85с.
5. Фомин А.А. Наблюдения за деформациями телевизионной вышки г. Воронежа / А.А.Фомин, Н.Б. Хахулина // Студент и наука. 2018. № 3. С. 61-66.
6. 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.
7. Хасенов К.Б. Анализ деформаций каменно-набросной плотины малоульбинского водохранилища и возможные последствия ее катастрофического разрушения / К.Б. Хасенов, Р.И. Гета, Н.Б. Хахулина, К.М. Калеева // Гео-Сибирь. 2005. Т. 2. С. 83-87.
- 8 Попов Б.А. Методика геодезического контроля деформаций вышек сотовой связи / Б.А. Попов, Н.Б. Хахулина // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. № 3 (59). С. 11-23.
9. Nahulina N.B. Modern Technologies Applied to Archaeological Research in Voronezh Region / N.B. Nahulina, L.I. Maslikhova, S.V. Akimova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 032037.
10. 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.

УДК 528

Воронежский государственный технический университет
студент группы зМГЕО-181 факультета магистратуры
Дашина М.Р.
Россия, г. Воронеж
тел.: +7(960)-110-13-00
e-mail: ritulya.dashina@mail.ru
Воронежский государственный технический университет
доцент кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии
Попов Б.А.
Россия, г. Воронеж
тел.: +7 (915)-547-27-94
e-mail: b.p.geo@yandex.ru

Voronezh State Technical University
Student of group zMGEO-181 of the Faculty of Civil
Dashina M.R.
Russia, Voronezh
tel. +7 (960)-110-13-00
e-mail: ritulya.dashina@mail.ru

Voronezh State Technical University
Associate Professor of the Department of Real Estate
Cadastre, Land Management and Geodesy
Popov B.A.
Russia, Voronezh,
tel. +7 (915)-547-27-94
e-mail: b.p.geo@yandex.ru

М.Р. Дашина, Б.А. Попов
ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
МОСТОВ НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ ИВАНЬКОВСКОЕ
ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Аннотация. В статье раскрывается оптимальная методика выполнения геодезических работ при строительстве мостов, её плюсы и содержание. Указывается цель улучшения сходимости дорожных и мостовых работ. Рассматривается, как ведётся подготовка строительной площадки, производится разбивка и закрепление осей проезда и опор. Описывается вынос основных осей и створных знаков. Рассматривается высотное положение пролётного строения, как оно контролируется по характерным точкам верхней поверхности его методом геометрического или тригонометрического нивелирования от высотных реперов. После установки пролётного строения на опорные части производится съёмка точек в четвертях пролётного строения и над опорными частями.

Ключевые слова: ВСН 5-81, судоходные пролеты, мост, геодезические работы, ГРО, план, опора, ригель.

M.R. Dashina, B.A. Popov
OPTIMIZATION OF METHODS OF SURVEYING FOR THE CONSTRUCTION OF BRIDGES,
FOR EXAMPLE BRIDGE ACROSS THE IVANKOVO RESERVOIR

Annotation: The aim of the article is to tell about optimal method of doing geodetic engineering works in bridge constructing, its ideas and advantages. Also the article tells how important to collaborate road and bridge works. It is spoken in detail about site preparation and how to make setting of bridge roadway axis and newels, as well it deals with setting out of axes and transit markers. In the article described high-altitude position of superstructure, how it is controlled according to the method of geometric and traverse leveling and indication of elevation. First superstructure is mounted on the bearings of a bridge and then geodesic survey is made in quarters of superstructure and over bearings.

Keywords: navigable pass, bridge, geodesic survey, geodetic control network, bearing, crossbar, plan

Введение. В процессе эксплуатации мостовых переходов происходит накопление различных дефектов и повреждений, снижающих их эксплуатационную надежность. На современном этапе более 80% мостов, эксплуатация которых происходит как на автомобильных, так и на железнодорожных магистралях, нуждающихся в ремонте или обновлении [1]. В связи с этим, при строительстве и реконструкции мостов, особое значение приобретает применение современных технологических и конструктивных решений, основной частью которых является комплекс геодезических работ, сопровождающий ход строительства на всех его этапах.

Основная часть. Обоснование и отработка оптимальной методики выполнения геодезических работ и обработки данных измерений при строительстве мостов, которые с

высокой степенью достоверности позволяют судить о техническом состоянии моста и зависимостях между нагрузками и деформациями отдельных конструкций.

Возьмем для примера мост через Иваньковское водохранилище на реке Шоша, расположенный на скоростной автомобильной дороге Москва - Санкт Петербург, проходящей по территории Конаковского района Тверской области. Длина моста – 322,52м. Ширина моста по пролетному строению -12,850м

Схема фасада моста, план и вид в разрезах 1-1 и 2-2 приведены на рис. 1, 2.

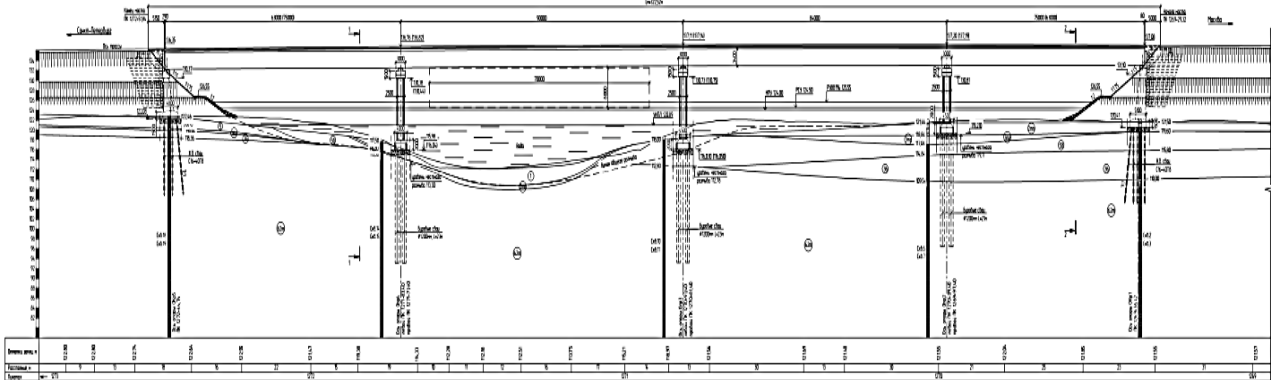


Рис. 1. Фасад моста

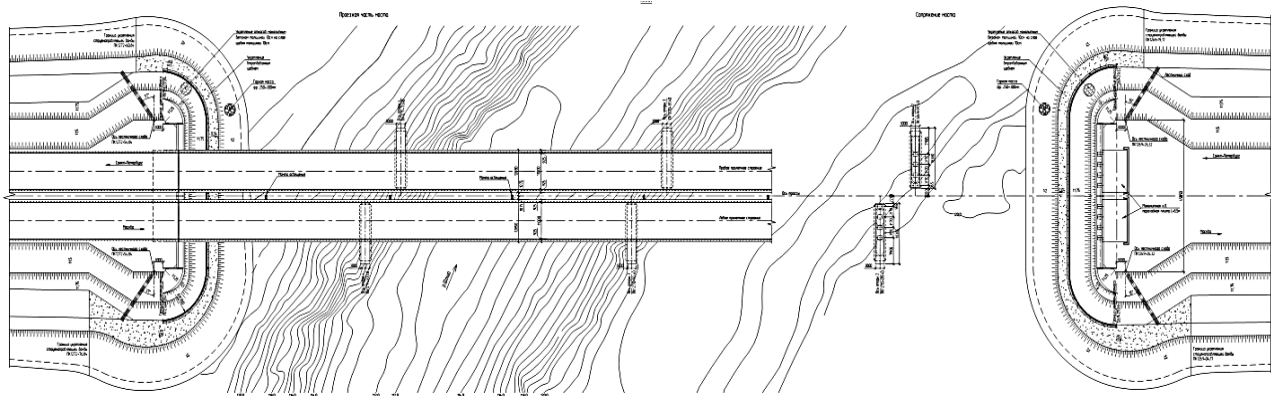


Рис. 2. План моста

Вид моста в разрезах 1-1 и 2-2 представлен на рисунке 3.

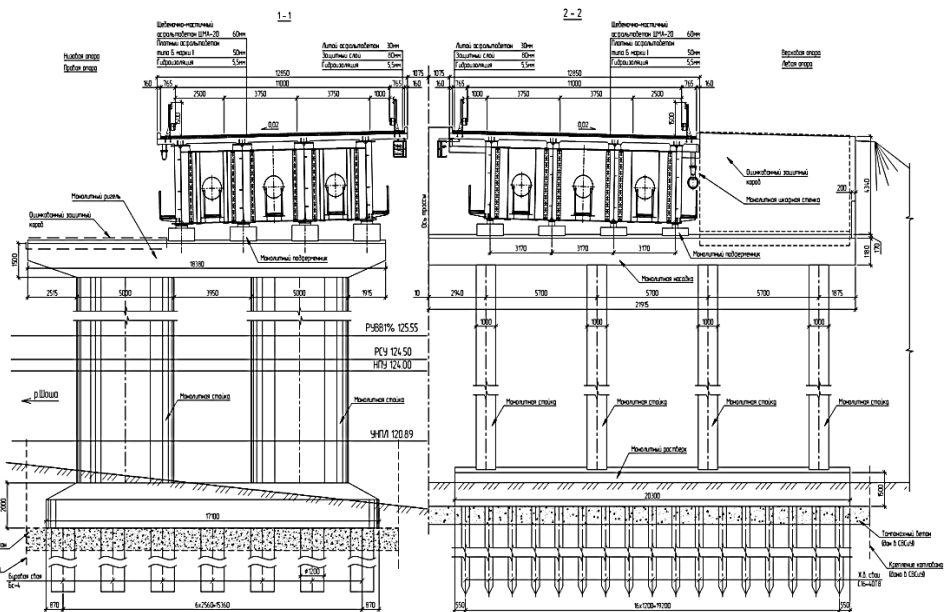


Рис. 3. Вид моста в разрезах 1-1 и 2-2

Схема фрагмента плана моста с отметками точек представлена на рис. 4.

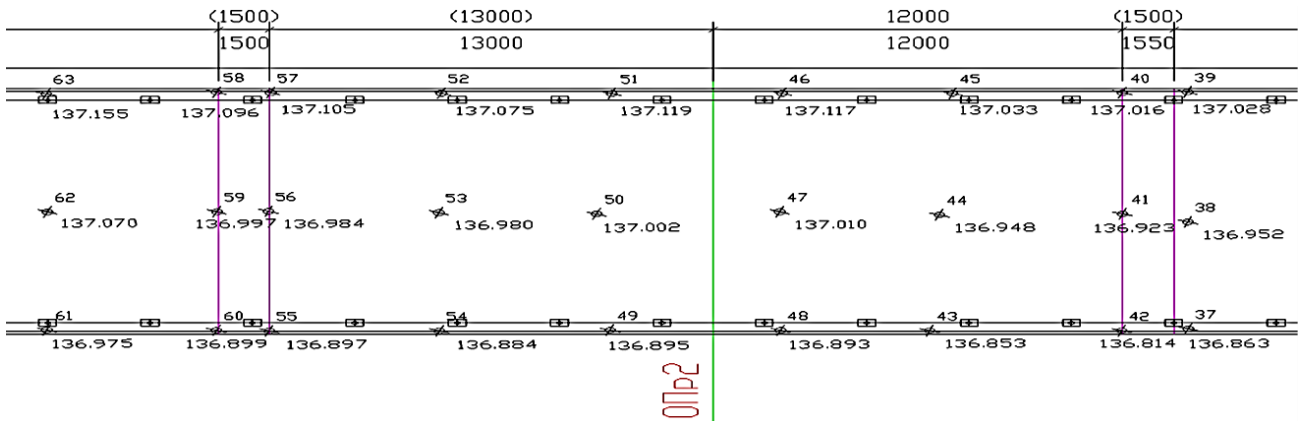


Рис. 4. Схема фрагмента плана моста с отметками точек

Фрагмент таблицы координат и отметок основных элементов моста представлен в табл.

1.

Таблица 1

Фрагмент таблицы координат и отметок основных элементов моста

Номер точки	Координаты, м		
	X	Y	H
37	8481291,664	7912599,199	136,863
38	8481293,975	7912604,293	136,952
39	8481296,782	7912610,469	137,028
40	8481298,498	7912609,652	137,016
41	8481295,890	7912603,885	136,923
42	8481293,399	7912598,309	136,814
43	8481298,528	7912595,992	136,853
44	8481300,761	7912601,629	136,948
45	8481303,023	7912607,575	137,033
46	8481307,577	7912605,517	137,117
47	8481305,090	7912599,847	137,010
48	8481302,523	7912594,209	136,893
49	8481307,074	7912592,158	136,895
50	8481309,937	7912597,539	137,002

Сооружение запроектировано под 4 полосы движения автотранспорта. Судоходные пролеты 70 м.

Опорно-свайные конструкции фундаментной части выполнены из железобетонных плит толщиной 2,0 м.

В работе использовалась местная система координат и Балтийская система высот 1977 года. Места расположения пунктов ГРО на объекте строительства показаны на рисунке 5.

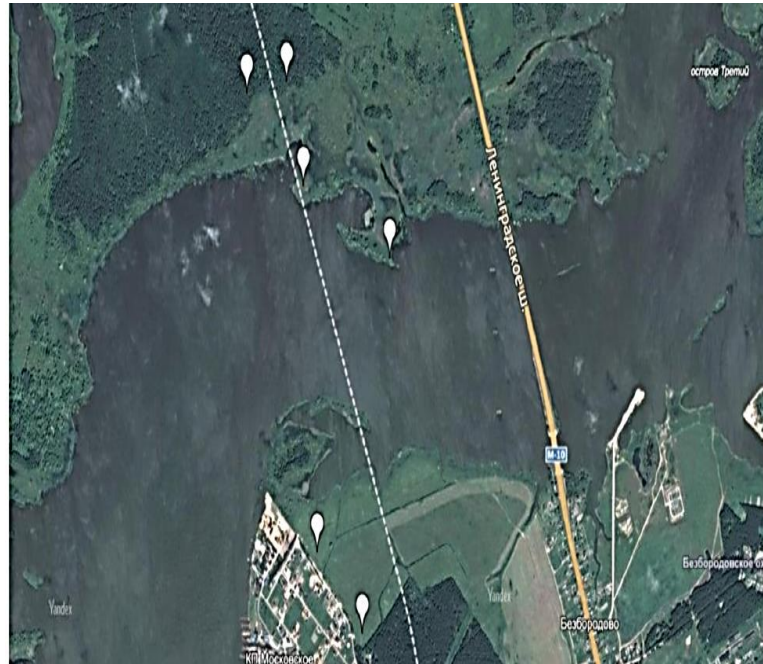


Рис. 5. Места расположения пунктов ГРО на объекте строительства

Данные исходных пунктов представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Координаты исходных пунктов

№ п/п	Название пункта	Широта, м	Долгота, м	Отметка, м
1	GS13	7914945,547	8478824,223	136,851
2	GS16	7909883,058	8483063,237	126,878
3	GS29	7913117,241	8479711,745	126,382
4	GS30	7912848,726	8480021,578	125,006
5	1290R1	7912083,843	8483051,843	124,498

Таблица 3

Координаты пунктов мостовой ГРО

№ п/п	Название пункта	Тип закрепления	Широта, м	Долгота, м	Отметка, м
1	PPC1	пункт принудительного центрирования	8481915,151	7912216,684	126,808
2	PPC2	пункт принудительного центрирования	8481975,604	7912433,702	126,243
3	PPC3	пункт принудительного центрирования	8481398,809	7912878,876	127,541
4	PPC4	пункт принудительного центрирования	8481511,128	7912590,906	127,292

Карточка закладки одного из пунктов (PPC-1) показана на рис. 6.

С целью улучшения сходимости дорожных и мостовых работ, привязка мостовой сети сгущения производилась к пунктам дорожной ГРО.

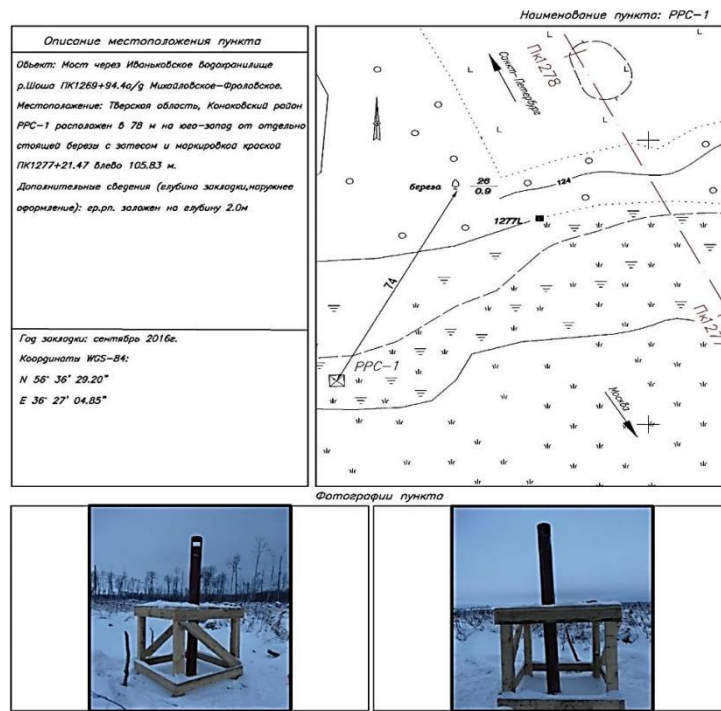


Рис. 6. Карточка закладки пункта RPS-1
Схема ГНСС измерений показана на рис. 7.

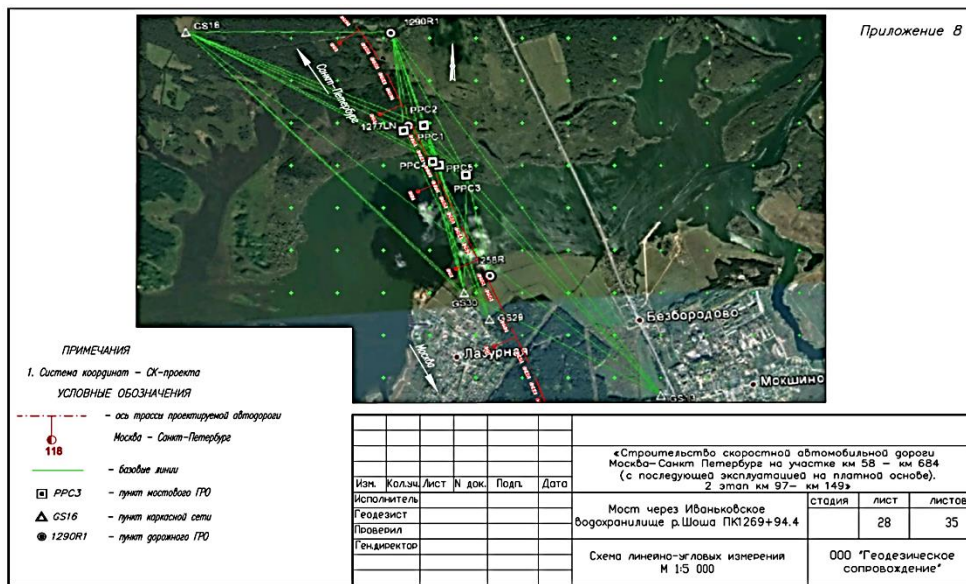


Рис. 7. Схема ГНСС измерений

В работе использовались следующие приборы, представленные в табл. 4.

Таблица 4

Геодезические приборы, применяемые в процессе инженерно-геодезических работ

№ п/п	Наименование	Заводской номер	№ свидетельства о поверке
1	ГНСС приемник Sokkia GRX1	664-00285	146512
2	ГНСС приемник Sokkia GRX1	664-00303	146513

Определение координат и высот пунктов геодезической разбивочной основы с необходимой точностью, с помощью электронного тахеометра осуществить невозможно, так как это связано с особенностями расположения объекта в пойме водохранилища. Исходя из

этого, было принято решение использовать методы ГНСС измерений от пунктов каркасной сети, с обязательной привязкой к ближайшим пунктам дорожного ГРО.

За счет избыточных измерений для повышения точности и надежности результатов наблюдений, использовалось максимальное количество одновременно работающих спутниковых приемников при построении спутниковой геодезической сети.

Для достижения необходимой точности планового положения пунктов ГРО, измерения выполнялись только статическими методами, по всем пунктам внешней разбивочной сети, с длительностью сеансов не менее 40 минут при эпохе 5 секунд. Сеансы планировались так, чтобы значение PDOP не превышало 2. Следует не забывать, что ГНСС приемники при проведении таких работ должны соответствовать современным стандартам и быть классом не ниже 2-х частотных (L1, L2) и 2-х системных (GPS, ГЛОНАСС). В программном продукте для постобработки TopconTools версии 8.2. проводилась камеральная обработка ГНСС измерений.

Трудности вызвала нивелировка пунктов ГРО. На данном этапе строительства её выполнить было невозможно, отметки пунктов геодезической разбивочной основы, определялись совместно с определением плановых координат методом ГНСС. Высотные отметки таких пунктов принимались за временные, а после установки временного проезда, выполнялось их корректировка методами геометрического нивелирования.

Пришлось прибегать к замкнутым ходам при двух и более горизонтах инструмента (в зависимости от сходимости измерений) в безветренную, а при низком солнце или облачную погоду одновременно по двум рейкам.

Уравнивание высотной сети проводилось при помощи специализированной программы «CREDO Нивелир».

Для повышения эффективности и качества работ, на наблюдаемые пункты устанавливались отражающие марки. Конструкции и способы крепления марок могут быть различными, но учитывая, что марки должны быть развернуты к месту работ, рекомендуется использовать марки в виде треугольные блоков (например, вырезанные из уголка). Положение и очистка марок должны периодически проверяться и фиксироваться. После подготовки строительной площадки, производится разбивка и закрепление осей проезда и опор. Точность выноса в натуру основных осей составляет ± 14 мм.

Вынос основных осей и створных знаков осуществлялся электронным тахеометром с пунктов ГРО или точек внутренней разбивочной сети с использованием микропризменной системы. Вынос осуществлялся при двух кругах инструмента. Результат выноса усредняется.

После выноса основных осей выполнялась разбивка вспомогательных осей – буронабивных свай, шпунтового ограждения и других элементов сооружения.

Детальная разбивка производится от основных осей согласно разбивочным чертежам. С помощью стальной рулетки, прокладываемой по провешенной оси соответствующего свайного ряда, происходит разбивка центров буронабивных свай. Центр сваи закрепляется кольшком длиной 20-25 см. Контроль разбивки центров опор свай проводят линейными промерами.

Разбивка углов шпунтового ограждения и контроль разбивки производят аналогично.

Для буровых свай отклонение от проектного положения в проекте не должны превышать значения, указанные в п. 8.15 табл. 6 п.1 СП 46.13330.2012.

Детальная разбивка осей фиксируется актом разбивки и исполнительной схемой. После установки шпунтового ограждения, оси переносятся на верх шпунта. В последующем, с этих осей определяется положение подводной части русловых опор.

Точность вынесения центров опор моста в проектное положение регламентируется ВСН 5-81 в зависимости от длины пролёта. Максимальная длина пролета моста через р. Шоша—90 м., следовательно, предельная погрешность определения центров проектируемых опор ± 28 мм. Для обеспечения данной точности, главные оси, с которых будут проводиться разбивочные работы, должны разбиваться в 2 раза точнее вышеопределённого значения относительно пунктов ГРО.

Установка дополнительных свай русловых опор производилась с временной насыпи с укладкой поверх неё железобетонных плит. Основные оси проезда, опор, шпунтового ограждения закреплялись на конструкциях рабочих мостиков в виде рисок, нанесённых несмываемой краской. Точность выноса в натуру основных осей ± 14 мм.

Рассмотрим строительство надземной или надводной части тела опоры. Основные и дополнительные оси выносятся на бетонную поверхность тела опоры и закрепляются в виде риски длиной не менее 40 мм.

По мере возведения тела опоры основные и дополнительные оси выносятся на новый монтажный горизонт [2]. В процессе монтажа опалубки контролируется смещение ее осей, а после окончательного установки опалубки, осуществляется контроль плано-высотного положения всех ее элементов относительно пунктов разбивочной сети. При отклонениях, превышающих допуски, регламентированные СП 46.13330–2012, производят исправление планового положения стоек опалубки.

Контроль смещения установочных осей опалубки, как и процесс выноса основных осей, можно выполнить методом проецирования коллимационной плоскостью тахеометра разбивочных осей нижнего горизонта на установочные риски или марки опалубки наклонным лучом.

На рис. 8 показан вынос осей ригеля вверх опоры.

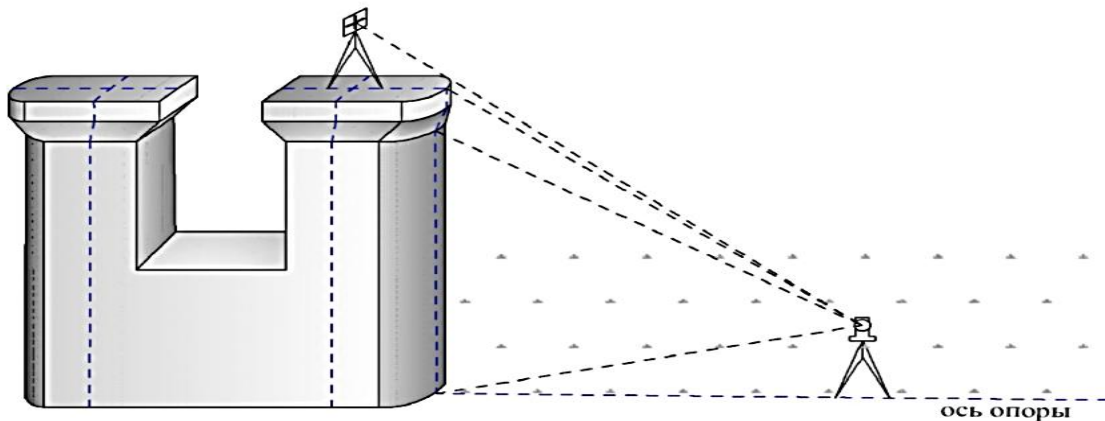


Рис. 8. Вынос осей ригеля вверх опоры

Тщательно контролируется плано-высотное положение центров подферменных площадок. Землемерные работы при обустройстве подферменных площадок аналогичны работам по строительству тела опоры и оголовка ригеля.

При выставлении опалубки подферменных площадок тахеометр следует располагать на ригеле как можно ближе к подферменникам. Это позволит избежать больших вертикальных углов наклона трубы тахеометра.

Применение электронных тахеометров значительно облегчает задачу передачи отметок.

Перед началом измерений в тахеометр вводятся данные температуры и давления окружающей среды. Точку установки штатива с инструментом выбирается таким образом, чтобы расстояние от инструмента до реперов не превышало 50-75 м, а вертикальный угол визирования не превышал 15° - 20° . Измерения производятся с использованием микропризменных систем. Для измерений совмещают горизонтальную нить оптической трубы тахеометра с горизонтальной осью отражателя.

В результате измерений программное обеспечение прибора рассчитывает превышения h_1 и h_2 . Измерения на каждую призму отражателя производятся при двух кругах инструмента. Полученные значения превышений усредняются.

Созданная на стапеле высотная сеть, состоит из системы связанных между собой реперов, расположенных на разных уровнях. Все конструкции пролетного строения перед их укрупнительной сборкой на стапеле должны пройти тщательный входной контроль геометрических параметров.

Точки разбивочной сети размещаются вне зоны строительно-монтажных работ и должны обеспечивали наблюдения на всех стадиях контроля.

Схема контроля этапов надвижки пролётного строения показана на рис. 9. Тахеометр устанавливается на точке с известными координатами, находящийся на противоположном берегу от стапеля на оси проезда, либо на ригеле противоположной опоры. На передней стороне пролётного строения (желательно на оси проезда) закрепляется призменный отражатель. Перед началом надвижки, определяются плановые координаты отражателя, которые будут являться исходными для последующих измерений. По координате X , в результате последующих измерений в процессе надвижки пролётного строения, можно судить о величине продольной надвижки, а по координате Y —о направлении и величине отклонения оси пролётного строения от оси проезда в точке закрепления отражателя. Величина и направление отклонения оси пролётного строения от оси проезда в процессе надвижки регулярно передаётся по радию руководителю надвижки.

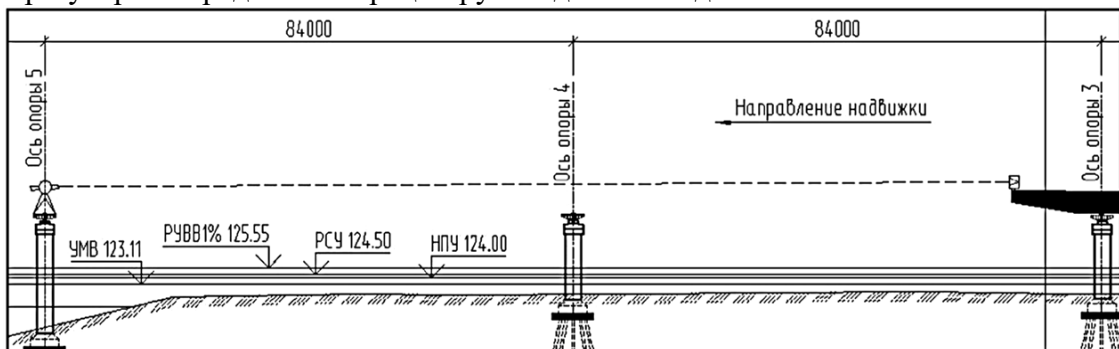


Рис. 9. Схема контроля этапа надвижки пролётного строения

Рассмотрим высотное положение пролётного строения. Оно контролируется по характерным точкам верхней поверхности его методом геометрического или тригонометрического нивелирования от высотных реперов. После установки пролётного строения на опорные части, производится съёмка точек, указанных на рис. 10 в четвертях пролётного строения и над опорными частями.

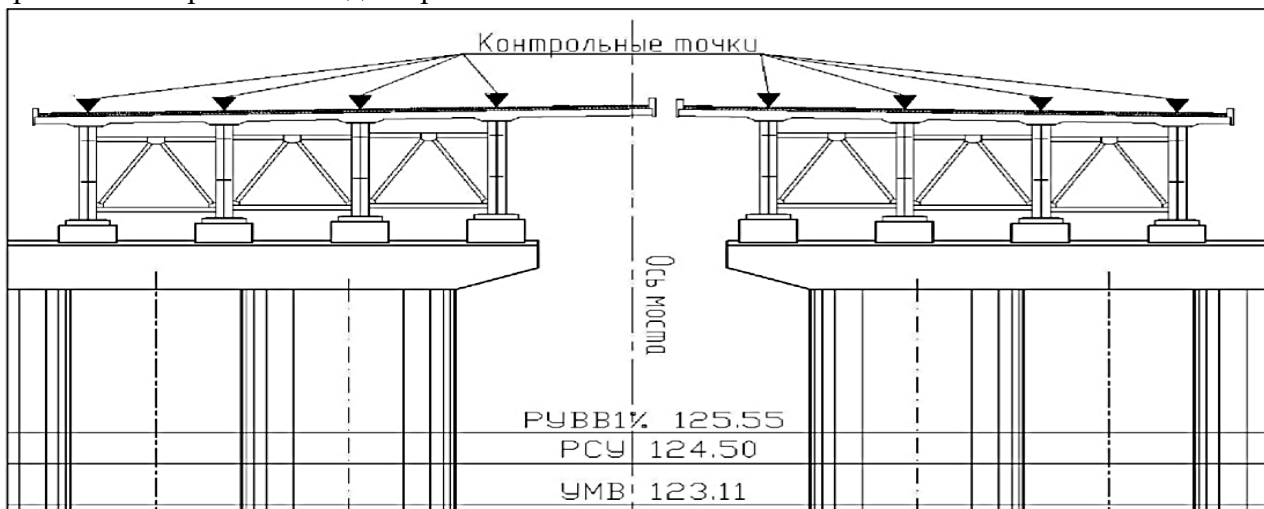


Рис. 10. Контрольные точки высотного положения пролетного строения

Заключение. Таким образом, на примере моста через Ивановское водохранилище на реке Шоша был продемонстрирована оптимальная методика, позволяющий выявлять ошибки в координатах ГГС.

Данную методику можно использовать при анализе точности координат исходных данных в геодезических измерениях и расчетах. Это может помочь выявить источники локальных деформаций и определить способы их устранения.

Библиографический список

1. Буянов В.И., Попов Б.А. Методы обследования и усиления аварийных строительных конструкций. уч. пособ ВГАСУ 2008г.
2. Попов Б.А., Баранников А.Д. Курс инженерной геодезии. Уч. пособ. Воронеж ВГАСУ 2002г.
3. Коростелев С.В., Горина А.В. Попов Б.А., Шумейко В.В. Определение деформаций купольного перекрытия спортивного многофункционального комплекса геодезическими методами. Студент и наука 2019. №3. С 57-62.
4. Поклад Г.Г., Гриднев С.П., Попов Б.А. Инженерная геодезия. Уч. пособие Директ-Медиа Москва/Берлин 2020. 498с.
5. Хахулина Н.Б. Особенности геодезических работ при установлении охранной зоны высоковольтных линий электропередачи / Н.Б. Хахулина, Ю.А. Курдюкова // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 1. № 1. С. 121-128.
6. 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.
7. Попов Б.А. Методика геодезического контроля деформаций вышек сотовой связи / Б.А. Попов, Н.Б. Хахулина // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. № 3 (59). С. 11-23.
8. Nahulina N.B. Modern Technologies Applied to Archaeological Research in Voronezh Region / N.B. Nahulina, L.I. Maslikhova, S.V. Akimova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 032037.
9. 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.
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.

УДК 528.482.4

Воронежский государственный
технический университет
студент группы бГЕО-171
строительного факультета
Вербицкая Л.В.
Россия, г. Воронеж
тел.: +79518579730
e-mail: l_verbiczkaya@mail.ru

Воронежский государственный
технический университет
доцент кафедры кадастра недвижимости,
землеустройства и геодезии
Попов Б.А.
тел.: +79155472794
e-mail: b.p.geo@yandex.ru

Voronezh State Technical University
Student of group bGEO-171
faculty of building
Verbickaya L.V.
Russia, Voronezh
tel.: +79518598036
e-mail: l_verbiczkaya@mail.ru

Voronezh State Technical University
Associate Professor of the Department of Real Estate
Cadastre, Land Management and Geodesy
Popov B.A.
tel.: +79155472794
e-mail: b.p.geo@yandex.ru

Л.В. Вербицкая, Б.А. Попов

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОРЬКОВСКОЙ АТОМНОЙ СТАНЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. Статья будет интересна специалистам, наблюдающим за состоянием строительных конструкций, а также тем, кому только предстоит с этим столкнуться. В данном материале рассмотрен процесс проведения очередного цикла мониторинга Горьковской атомной станции теплоснабжения и на основании полученных данных сделан вывод об устойчивости наблюдаемого сооружения. Тема контроля геометрических параметров сооружений, таких как Горьковская атомная станция теплоснабжения, актуальна, в связи с тем что подобных недостроенных атомных станций в нашей стране довольно много.

Ключевые слова: сооружения, конструкции, безопасность, геодезия, мониторинг, наблюдение, деформации, нивелирование, Горьковская, АЭС, АСТ.

L.V. Verbickaya, B.A. Popov

CONTROL OF GEOMETRIC PARAMETERS OF BUILDING STRUCTURES OF THE GORKY NUCLEAR POWER PLANT

Introduction. The article will be of interest to specialists observing the state of building structures, as well as to those who are just about to face it. This material examines the process of the next monitoring cycle of the Gorky nuclear power plant and, based on the data obtained, a conclusion is about the stability of the observed structure. The relevance of the topic of controlling the geometric parameters of structures such as the Gorky nuclear power plant for heat supply finds many applications in our country.

Keywords: structures, structures, safety, geodesy, monitoring, observation, deformations, leveling, Gorky, NPP, AST.

Одной из первоочередных задач развития современной атомной энергетики становится организации надежной и безопасной эксплуатации АЭС. При этом особое внимание уделяется наблюдениям за устойчивостью и эксплуатационной безопасностью зданий и сооружений атомных станций.

Ряд атомных станций у нас в стране были не достроены, либо законсервированы. Их здания и сооружения приходят в крайне неудовлетворительное состояние и являются потенциально опасными объектами, что создаёт угрозу жизни и здоровью людей.

Одним из таких объектов является Горьковская атомная станция теплоснабжения (рис. 1).



Рис. 1. Горьковская атомная станция теплоснабжения

Строительство Горьковской станции теплоснабжения начато в 1982г и не было завершено из-за развала СССР, протестов общественности и ряда других причин. Однако, станция до сих пор находится на балансе департамента капитального строительства концерна «Росэнергоатом», который финансирует ее содержание.

Станция создавалась для целей теплоснабжения Нагорной части Нижнего Новгорода. Станция расположена возле д. Федяково и ж/д станции Ройка в Кстовском районе Нижегородской области и включает 2 реакторных отделения РО-1 и РО-2, здание химводоочистки ХВО, здание системы водоохлаждения СВО.

С1991г. станция законсервирована, однако, за состоянием зданий и сооружений Горьковской АСТ продолжают вести геодезические наблюдения.

В 2019г. был выполнен очередной цикл наблюдений за состоянием строительных конструкций АСТ. Геодезические наблюдения выполнялась по общепринятым методикам, в соответствии с требованиями действующих нормативных документов Рос технадзора, Госстроя Российской Федерации и технического задания.

Ввиду недостаточного количества на территории АСТ надежно закрепленных высотных опорных знаков, перед началом наблюдений была разработана схема расположения дополнительных реперов и осадочных марок в условиях плотной застройки и близости разрушающихся конструкций. Для наблюдения за осадками сооружений, по их периметру заложено 111 деформационных осадочных марок.

Пункты высотного геодезического обоснования состоят из 3 ранее заложенных и сохранившихся глубинных реперов (Рп100, Рп101, Рп102) и 3 грунтовых реперов (Рп1н, Рп2н, Рп3н).



Рис. 2. Внешний вид пунктов опорной сети

Реперы расположены на ровной, удобной для нивелирования территории и представляют собой специальные центры со сферической головкой, приваренной к внутренним трубам пьезометрических скважин, либо обработанные под полусферу металлические выступы и арматурные штыри фундаментов. Внешний вид пунктов опорной сети представлен на рис. 2. Схема расположения и нивелирования пунктов опорной сети представлена на рис. 3.

Таблица 1

Погрешности высот пунктов опорной сети

Дата	Число станций К от исх. репера 100 до данного репера	Невязка в полигонах, мм		Ср. кв. погрешн. превышения на станц. μ , мм	Ср. кв. погрешность М высоты репера относительно исх. Рп 100						Примечания
		получ. f	допуст. $f_{доп}$		Рп 1	Рп 1н	Рп 2н	Рп 3н	Рп 101	Рп 102	
окт. 2003	7,3,4,5,1,2	+0,50 -0,25 0,00	$\pm 0,60$ $\pm 0,52$ $\pm 0,30$	$\pm 0,10$	$\pm 0,22$	$\pm 0,16$	$\pm 0,18$	$\pm 0,20$	-	-	$f_{доп} \pm 0,15 \sqrt{n}$ (1) $\mu = \pm \sqrt{\frac{[P f^2]}{N}}$ (2) $M = \mu \sqrt{\frac{K(n-K)}{n}}$ (3)
окт. 2004	- ,2,4,5,1,2	+0,23 -0,21	$\pm 0,30$ $\pm 0,56$	$\pm 0,09$	-	$\pm 0,14$	$\pm 0,16$	$\pm 0,17$	$\pm 0,09$	$\pm 0,12$	

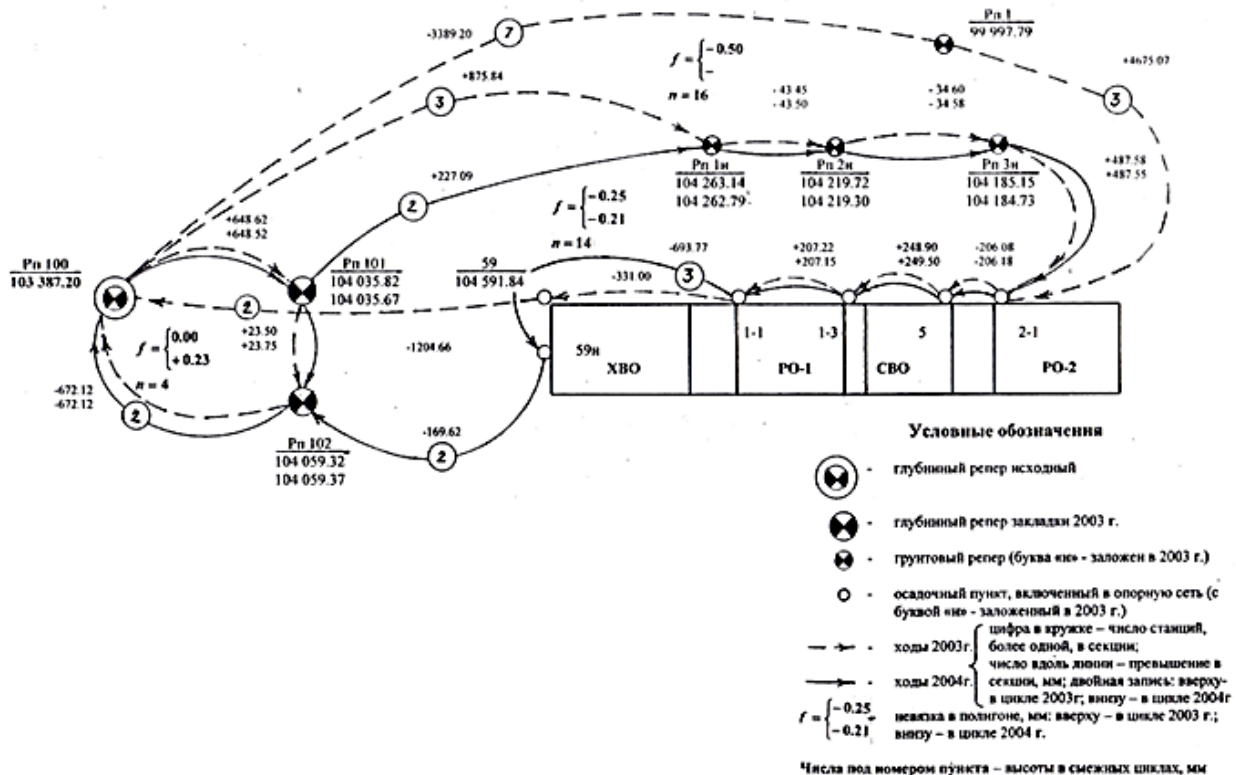
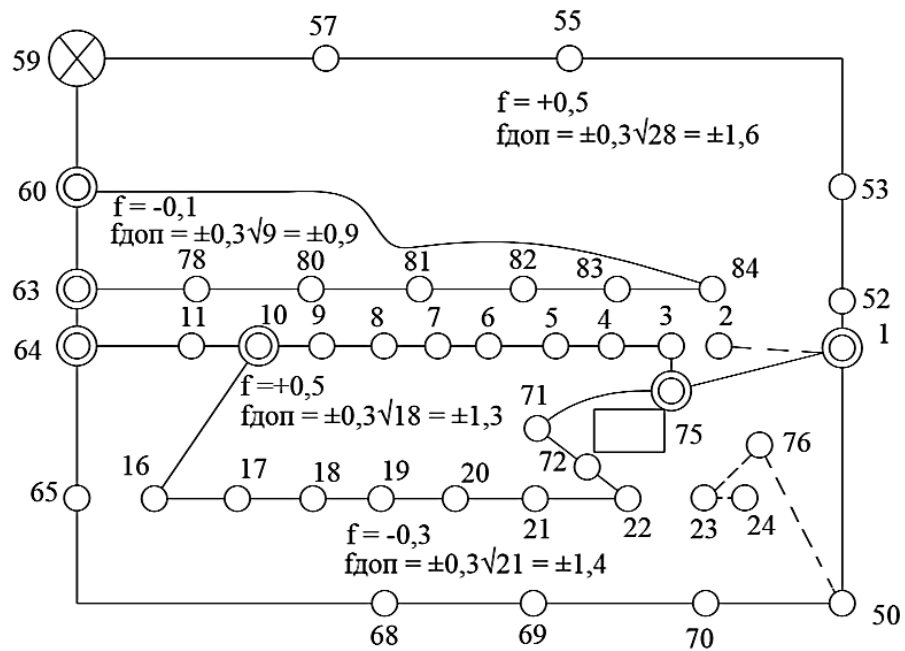


Рис. 3. Схема нивелирования пунктов опорной сети

Нивелирование опорной сети выполнялось по программе 1 класса способом из середины, при двух горизонтах замкнутыми ходами предварительно исследованными цифровыми нивелирами NI 007 № 426302 и комплектом инварных реек. Максимальная длина визирного луча составила 30м, минимальная -20м. Неравенство плеч допускалось не более 0,2м. Превышение на станции определялось по разности отсчетов одноименных шкал (основной и дополнительной) задней и передней реек

На рис. 4 – 7 представлены схемы нивелирования осадочных марок ХВО, РО1, РО2, СВО.



Условные обозначения:

- исходная марка нивелирования I класса
- осадочный пункт
- узловой пункт
- висячий ход

Рис. 4. Схема нивелирования осадочных марок ХВО

Таблица 2

Погрешности ходов для осадочных марок ХВО

№№ п/п	№№ ходов	Название ходов	Число станций n	Невязки, мм		Вес хода $P = \frac{1}{n}$	PV^2	Примечания (погрешности в полигонах на схеме даны в мм)
				получ. (-V)	допуст. $f_{доп} = \pm 0,3\sqrt{n}$			
1	1	59-1	8	+0,4	0,8	0,125	0,020	1. Погрешность высоты пункта 59 относительно исходного Рп100 $M_{59} = \pm 0,10 \sqrt{\frac{2(22-2)}{22}} = \pm 0,13$ 2. $\mu = \pm \sqrt{\frac{[PV^2]}{N-K}} = \pm \sqrt{\frac{0,045}{10-6}} = \pm 0,11$ N – число ходов; K – число узловых точек в сети. 3. $M_{сл} = \pm \mu \sqrt{\frac{n}{2}} = \pm 0,11 \sqrt{\frac{48}{2}} = \pm 0,54$ погрешность высоты относительно пункта 59 в самом слабом месте. 4. $m = \pm \sqrt{M_{59}^2 + M_{сл}^2} = \pm 0,55$ погрешность высоты относительно исходного Рп100 в самом слабом месте.
2	2	1-75	1	0,0	0,3	1	0,000	
3	3	75-9-10	8	-0,2	0,8	0,125	0,005	
4	4	10-64	2	0,0	0,4	0,500	0,000	
5	5	64-63	1	0,0	0,3	1	0,000	
6	6	63-84-60	8	+0,3	0,8	0,125	0,011	
7	7	60-59	1	0,0	0,3	1	0,000	
8	8	63-60	1	0,0	0,3	1	0,000	
9	9	75-16-10	10	-0,3	0,9	0,100	0,009	
10	10	1-68-64	8	0,0	0,8	0,125	0,000	
			48				0,045	

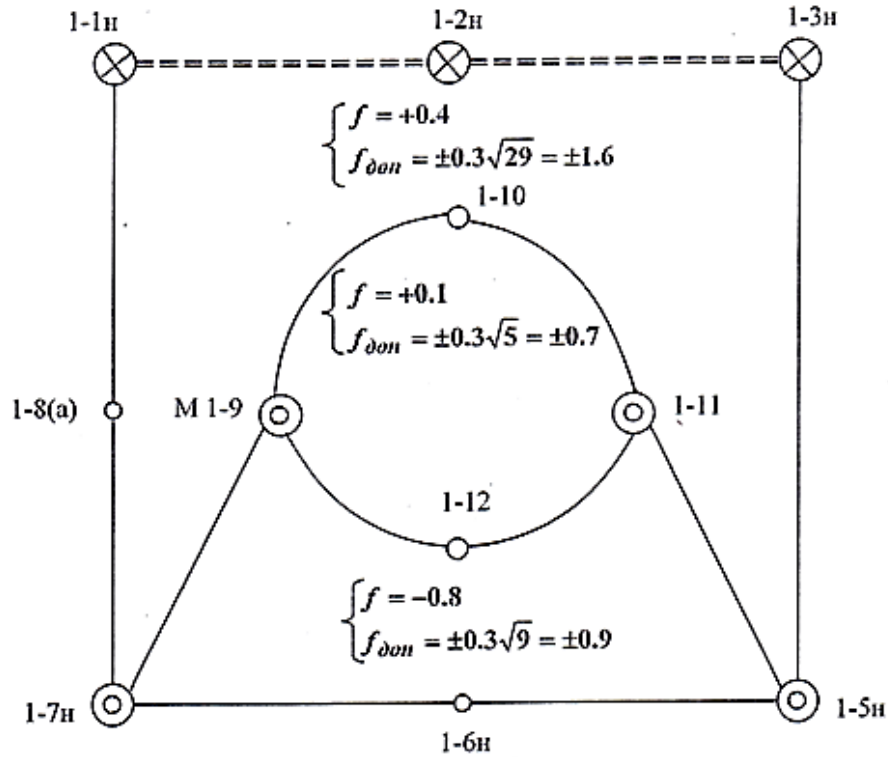


Рис. 5. Схема нивелирования осадочных марок PO1

Таблица 3

Погрешности ходов для осадочных марок PO1

№№ п/п	№№ ходов	Название ходов	Число станций n	Невязки, мм		Вес хода $P = \frac{1}{n}$	PV^2	Примечания (погрешности в полигонах на схеме даны в мм)
				получ. (-V)	допуст. $f_{дон} = \pm 0,3\sqrt{n}$			
1	1	1-3н-1-5н	12	0,0	1,0	0,080	0,000	1. $M_{1-1н} = \pm 0,10 \sqrt{\frac{3-19}{22}} = \pm 0,16$ $M_{1-3н} = \pm 0,10 \sqrt{\frac{4-18}{22}} = \pm 0,18$ 2. $\mu = \pm \sqrt{\frac{[PV^2]}{N-K}} = \pm 0,18$ $N = 7$ – число ходов; $K = 4$ – число узловых точек в сети. 3. $M_{сл} = \pm \mu \sqrt{\frac{n}{2}} = \pm 0,72$ погрешность высоты относительно пункта 1-1н и 1-3н в самом слабом месте. 4. $m = \pm \sqrt{M_{1-1н}^2 + M_{1-3н}^2 + M_{сл}^2} = \pm 0,76$ погрешность высоты относительно исходного Рп100 в самом слабом месте.
2	2	1-5н-1-11	3	+0,3	0,5	0,333	0,030	
3	3	1-11-1-10-М1-9	3	-0,1	0,5	0,333	0,003	
4	4	М1-9-1-7н	2	+0,2	0,4	0,500	0,020	
5	5	1-7н-1-1н	7	0,0	0,8	0,143	0,000	
6	6	1-11-1-12-М1-9	2	0,0	0,4	0,500	0,000	
7	7	1-5н-1-7н	2	-0,3	0,4	0,500	0,045	
			31				0,098	

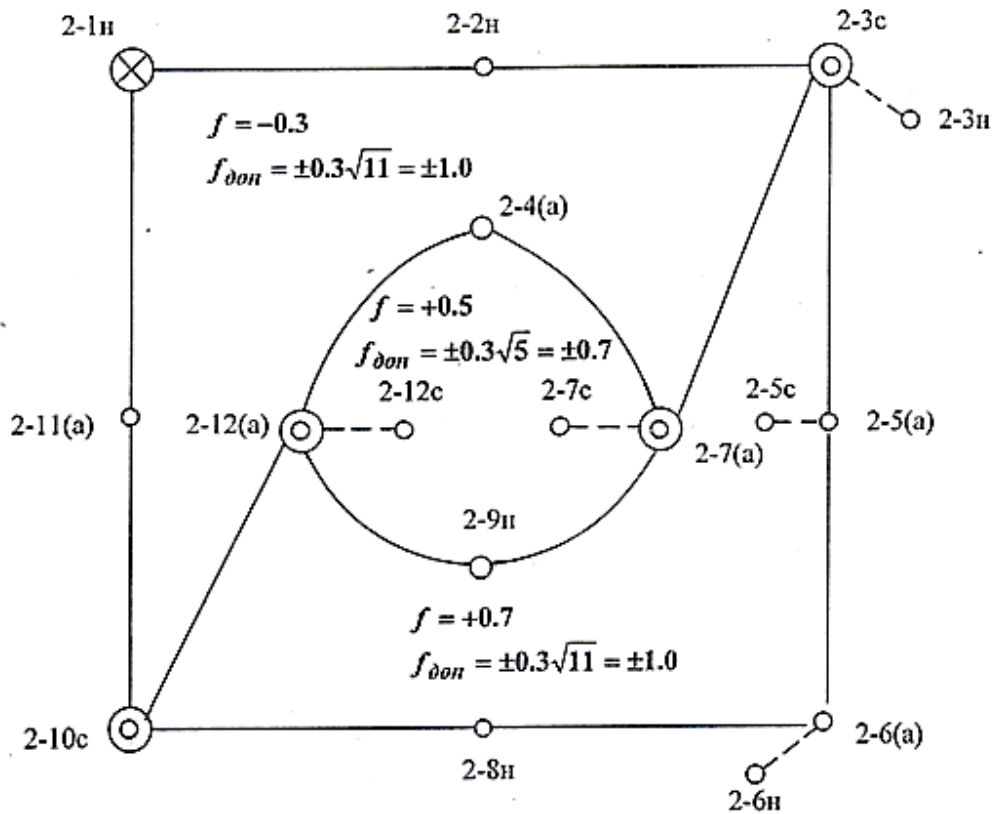


Рис. 6. Схема нивелирования пунктов РО2

Таблица 4

Погрешности ходов для осадочных марок РО2

№№ п/п	№№ ходов	Название ходов	Число станций n	Невязки, мм		Вес хода $P = \frac{1}{n}$	PV^2	Примечания (погрешности в полигонах на схеме даны в мм)
				получ. (-V)	допуст. $f_{доп} = \pm 0,3\sqrt{n}$			
1	1	2-1н-2-3с	2	+0,1	0,4	0,500	0,005	1. $M_{2-1н} = \pm 0,10 \sqrt{\frac{10-12}{22}} = \pm 0,23$ 2. $\mu = \pm \sqrt{\frac{[PV^2]}{N-K}} = \pm 0,23$ N – число ходов; K – число узловых точек в сети. 3. $M_{сл} = \pm \mu \sqrt{\frac{n}{2}} = \pm 0,65$ погрешность высоты относительно пункта 2-1н в самом слабом месте. 4. $m = \pm \sqrt{M_{2-1н}^2 + M_{сл}^2} = \pm 0,69$ погрешность высоты относительно исходного Рп100 в самом слабом месте.
2	2	2-3с-2-7(а)	1	-0,1	0,3	1	0,010	
3	3	2-7(а)-2-4(а)-2-12(а)	2	-0,3	0,4	0,500	0,045	
4	4	2-12(а)-2-10с	1	-0,2	0,3	0,500	0,020	
5	5	2-10с-2-1н	3	+0,2	0,5	0,333	0,013	
6	6	2-7(а)-2-9н-2-12(а)	3	+0,2	0,5	0,333	0,013	
7	7	2-3с-2-10с	5	-0,6	0,7	0,200	0,072	
			17			0,165		

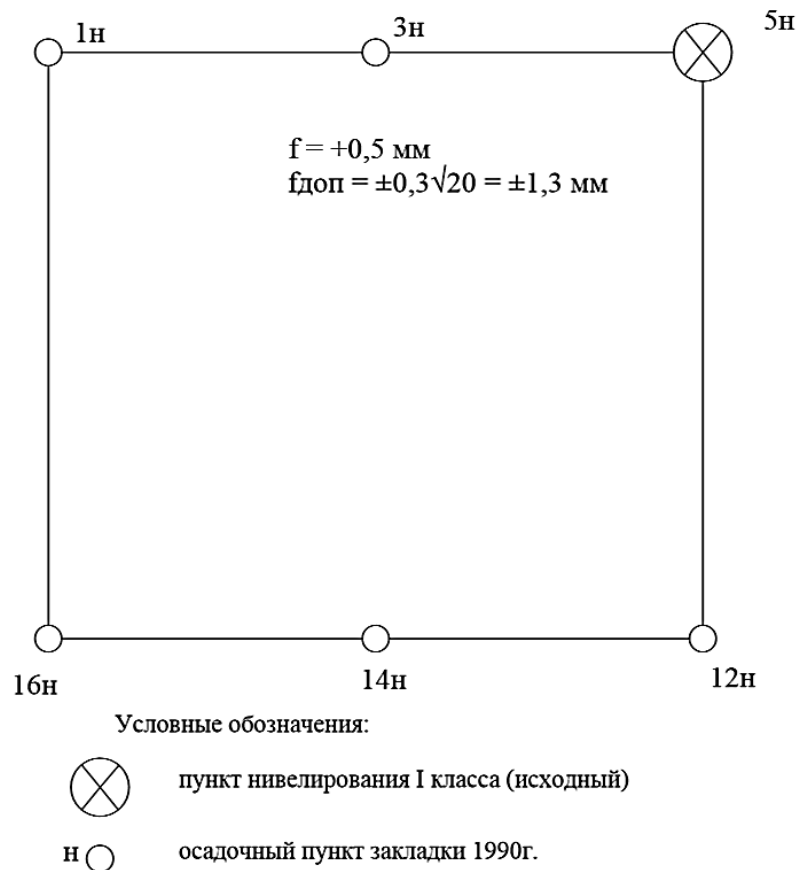


Рис. 7. Схема нивелирования пунктов СВО

Примечания для осадочных марок СВО:

1. $M_{5н} = \pm 0,10 \sqrt{\frac{5(17-5)}{17}} = \pm 0,17 \text{ мм}$ – погрешность высоты исходного пункта 5н относительно Рп100
2. $\mu = \pm 0,13 \text{ мм}$ – погрешность превышения на станции
3. $M_{\text{сл}} = \pm 0,13 \text{ мм}$ погрешность высоты в середине хода
4. $m = \pm \sqrt{M_{5н}^2 + M_{\text{сл}}^2} = \pm 0,21 \text{ мм}$ – погрешность высоты в середине хода относительно исходного Рп100.

Как и в прошлых циклах наблюдений, за исходный репер был принят репер Рп.100. Грунтовые реперы Рп1н, Рп2н, Рп3н использовались для контроля устойчивости исходного репера Рп100 и контроля взаимной устойчивости.

Глубинные реперы 101 и 102 использовались для сохранности исходной системы высот и контроля стабильности глубинного репера РП 100

Нивелирование осадочных марок выполнялось по программе 2 класса отдельными замкнутыми ходами с соблюдением допусков, установленных действующими нормативными документами. Установка нивелира между рейками выполнялась с точностью 5 – 10см. Максимальная длина визирного луча составила 30м, минимальная – 5м. Наблюдения выполнялись при одном горизонте. Два превышения на каждой станции определялись по разностям отсчетов одноименных шкал задней и передней реек. Разность превышений на станции во всех случаях не превышала 6 делений барабана (0,3мм).

Обработка полевых измерений систематически выполнялась в каждом цикле наблюдений в процессе выполнения работ. Закончена обработка была после завершения всех измерений опорной и осадочных сетей. Прежде всего, была исследована устойчивость

глубинного репера Рп100, который является исходным во всех предыдущих циклах, затем были вычислены высоты пунктов опорной сети от исходного репера Рп100, после чего – высоты и осадки пунктов каждой из осадочных сетей.

Устойчивость пунктов опорной сети исследовалась сравнением разностей Δh одноименных превышений между реперами в предыдущем и последующем циклах с критерием неподвижности K , вычисленным для каждой разности по формуле

$$K = 2m\sqrt{2n}, \quad (4)$$

где $m = \pm 0,15$ мм – средняя квадратическая погрешность на станции для нивелирования 1 класса;

$n = 7$ – число станций между пунктами. В то же время величина критерия неподвижности;

$K = \pm 1,12$ мм является значительной для определения осадок с погрешностью не более ± 1 мм вследствие большого числа станций между глубинным репером Рп100 и грунтовым репером Рп1.

Критерии неподвижности опорных пунктов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Критерии неподвижности опорных пунктов

№№ п/п	№ пунктов	Превышения в циклах		Разность превышений Δh , мм	Число станций n	Критерий неподвижности K , мм
		2010	2019			
1	Рп100	+648,62	+648,52	+0,10	1	0,42
2	Рп101	+23,50	+23,75	-0,25	1	
3	Рп102	-672,12	-672,12	0,00	1	0,42
4	Рп100	+875,84	+875,61	+0,23	1	0,73
5	Рп1н	-43,45	-43,50	+0,05	1	0,42
6	Рп2н	-34,60	-34,58	-0,02	1	0,42
7	Рп3н					

Из таблицы следует, что пункты опорной сети, в том числе и глубинный репер Рп100, являются устойчивыми, так как во всех случаях разность одноименных превышений значительно меньше критерия неподвижности.

По результатам обработки наблюдений в цикле 2019г. были вычислены следующие величины, характеризующие устойчивость сооружений по высоте:

- полная (абсолютная) осадка каждой марки сооружения как разность высот текущего и начального циклов наблюдений;
- средняя осадка каждого сооружения – среднее арифметическое из абсолютных осадок марки;
- осадка каждого сооружения относительно предыдущего цикла наблюдений.

Осадки сооружений, полученные в циклах 2010 и 1019гг. позволяют сделать следующие выводы:

средняя полная осадка основных сооружений АСТ за весь период наблюдений составила:

ХВО – 9 мм, РО-1 – 29,3 мм, СВО - 6,1 мм, РО-2 – 4,7 мм.

Средняя осадка относительно последнего цикла наблюдений 2019г равна:

ХВО -1,1 мм, РО-1 – 0,4 мм, СВО – 0,6 мм РО-2 – 0,3 мм.

Максимальные осадки выявлены на следующих марках:

ХВО: 71-2,5мм; 55н – 2,0мм; 11- 1,9мм; 75-1,8мм; 54н – 1,7мм; 51н – 1,6мм;

10 – 1,6 мм и марки ,2,3,82 – по1,5мм.

РО-1 – 1-5 и 1-12 - по 0,6мм; 1-11;1-3;1-7 – по 0,5 мм.

РО-2: 2-4н -0,7мм; 2-2н – 0,6 мм;2-5н -0,5мм.

Таким образом, в настоящий момент на основных сооружениях Горьковской АСТ не выявлено деформаций, способных повлиять на устойчивость сооружений. Вертикальное положение основных сооружений ГАСТ за период 2010-2019гг практически не изменилось.

Библиографический список

1. Поклад Г.Г. Инженерная геодезия: учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев, Б.А. Попов. Москва – Берлин: Директ – Медиа, 2020. – 498 с.
2. Воронов А.А. Комплексный геотехнический мониторинг зданий и сооружений воронежской атомной станции теплоснабжения (ВАСТ) / А.А. Воронов, Б.А. Попов // Студент и наука. – 2018. – № 4(7). – С. 6.
3. Буянов В.И. Методы обследования и усиления аварийных строительных конструкций: учебное пособие / В.И. Буянов Б.А., Попов; Воронеж ВГАСУ, 2008. – 218 с.
4. Коростелев С.В. Определение деформации купольного перекрытия спортивного многофункционального комплекса геодезическими методами / С.В. Коростелев, А.В. Горина, Б.А. Попов, В.В. Шумейко // Студент и наука. – 2019. – № 3. – С. 72.
5. Попов Б.А. Курс инженерной геодезии: учебное пособие Воронеж ВГАСУ / Б.А. Попов, А.Д. Баранников – Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2002. – 94 с.
6. 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.
7. Попов Б.А. Методика геодезического контроля деформаций вышек сотовой связи / Б.А. Попов, Н.Б. Хахулина // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. № 3 (59). С. 11-23.
8. Nahulina N.B. Modern Technologies Applied to Archaeological Research in Voronezh Region / N.B. Nahulina, L.I. Maslikhova, S.V. Akimova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 032037.
9. 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.
10. Трухина Н.И. Мониторинг технического состояния зданий - фактор эффективного управления в стратегии девелопмента недвижимости / Н.И.Трухина, Ю.Г. Трухин, Г.А. Калабухов // Недвижимость: экономика, управление. 2015. № 4. С. 60-64.
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.

УДК 528.021.7

Воронежский государственный технический университет
 студент группы зМ 181 строительного факультета
 Кувшинкин А.Л.
 Россия, г. Воронеж
 e-mail: Kuvshinkin83@bk.ru
 Воронежский государственный технический университет
 кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и недвижимости, землеустройства и геодезии
 Хахулина Н.Б.
 Россия, г. Воронеж
 e-mail: hahulina@mail.ru
 Воронежский государственный технический университет
 старший преподаватель кафедры кадастра и недвижимости, землеустройства и геодезии
 Нестеренко И.В.
 Россия, г. Воронеж
 e-mail: i1982bk@mail.ru

Voronezh State Technical University
 Student of group zM181 Construction faculty
 Kuvshinkin A.L.
 Russia, Voronezh,
 e-mail: Kuvshinkin83@bk.ru
 Voronezh State Technical University,
 Candidate of geographical sciences, docent of the Department of Real Estate Cadastre, Land Management and Geodesy
 Khakhulina N.B.
 Russia, Voronezh,
 e-mail: hahulina@mail.ru
 Voronezh State Technical University
 Senior Lecturer at the Department of Cadastre and Real Estate, Land Management and Geodesy
 Nesterenko I.V.
 Russia, Voronezh;
 e-mail: i1982bk@mail.ru

А.Л. Кувшинкин, Н.Б. Хахулина, И.В. Нестеренко
 О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос точности измерений с помощью электронного тахеометра, основанного на принципе измерений лазерным лучом. При использовании безотражательного режима точность измерений при несоблюдении определенных параметров может значительно ухудшаться. В работе конкретизированы эти моменты.

Ключевые слова: электронный тахеометр, точность измерений, отражающая поверхность, тригонометрическое нивелирование, лазерный луч.

A.L. Kuvshinkin, N.B. Khakhulina, I.V. Nesterenko
 ON THE ACCURACY OF MEASUREMENTS BY ELECTRONIC TOTAL STATION

Introduction. The paper considers the issue of measurement accuracy using an electronic total station based on the principle of laser beam measurements. When using non-reflective mode, the measurement accuracy may significantly deteriorate if certain parameters are not met. The paper specifies these points.

Keywords: Electronic total station, measurement accuracy, reflective surface, trigonometric leveling, laser beam

Среди большого разнообразия геодезических приборов на современном этапе, наиболее востребованным является электронный тахеометр, который сочетает в себе линейные, угловые, высотные измерения, быструю обработку и интерпретацию результатов, за счет встроенного компьютера, экрана и возможности подключения к ноутбуку или другим гаджетам. Но несмотря на развитие технологических возможностей и постоянного совершенствования любой инструмент имеет погрешности измерений и на это есть ряд причин: окружающая среда, личные ошибки, инструментальные и т.д.

Инструментальные ошибки могут быть как систематическими, так и случайными и обусловлены техническими особенностями любого прибора. В связи с тем, что основным свойством электронного тахеометра, делающим его столь эффективным является использование лазерного луча, то рассмотрим вопрос точности измерений расстояний с его помощью.

Случайные ошибки в основном влияют на точность измерения диапазона и угловое расположение импульсных дальномерных блоков. Системные ошибки могут быть вызваны нелинейностью единицы измерения времени или изменением температуры в электронике измерения времени, вызывающей смещение диапазона между другими ошибками.

Одним из явных преимуществ современных электронных тахеометров является возможность измерений в безотражательном режиме, т.е. отражение от любой поверхности. О точности лазерных измерений в зависимости от цвета и материала отражающей поверхности можно ознакомиться в работах [1-3]. По такому же принципу лазерных измерений работают наземные лазерные сканеры, но только в миллионы раз быстрее.

Рассмотрим подробнее распространение лазерного луча в процессе измерений. Расходимость луча - это расширение лазерного луча с пройденным расстоянием. Дивергенция пучка оказывает сильное влияние на позиционную неопределенность измеренной точки. Расходимость пучка может быть выражена следующим уравнением 1 [4]:

$$w(\rho_w) = w_0 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda \cdot \rho_w}{\pi \cdot w_0^2} \right)^2} \quad (1)$$

- ρ_w = диапазон относительно местоположения талии пучка
- w = радиус луча
- w_0 = минимальный радиус пучка (в начальной точке) = ширина балки

Предполагается, что лазерное отражение имеет гауссову форму. Для больших диапазонов дивергенция приблизительно линейна, а диаметр пучка выражается как положение, которое инкапсулирует 86% полной мощности пучка в гауссовское распределение освещенности [5].

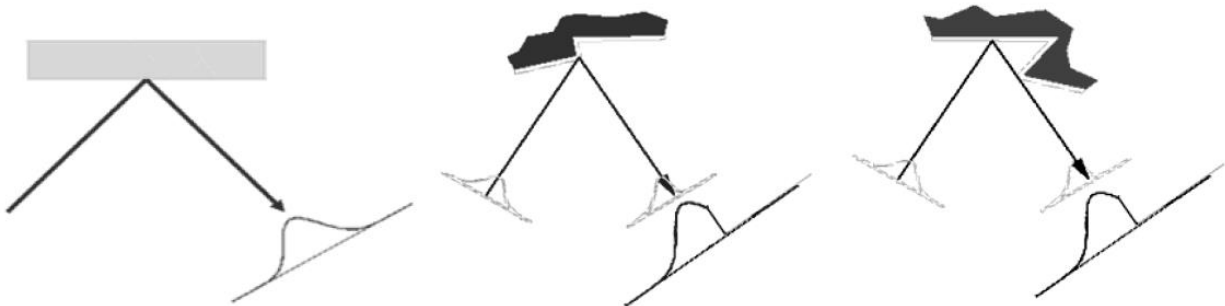


Рис. 1. Идеальное отражение, частичное освещение, частичная окклюзия (из [18])

Практически эта расходимость пучка влияет на угловое местоположение измеренной точки. Видимое местоположение наблюдения находится вдоль осевой линии излучаемого пучка. Однако фактическое местоположение точки находится где-то в прогнозируемом отпечатке. Согласно [6], неопределенность пучка приблизительно равна одной четверти диаметра лазерного луча.

Одним из наиболее важных последствий расходимости пучка является проблема смешанных краев. Когда лазерный луч попадает на край объекта, луч разделяется на две части. Одна часть луча отражает первую часть края, а другая часть движется дальше, чтобы попасть на другую поверхность. Результатом этого является то, что информация от одного лазерного импульса, который отправляется обратно в приемник, поступает из двух разных мест в пространстве. Координаты для такой точки относительно положения сканера будут вычисляться на основе среднего числа возвращенных сигналов и поэтому помещают точку в неправильное место.

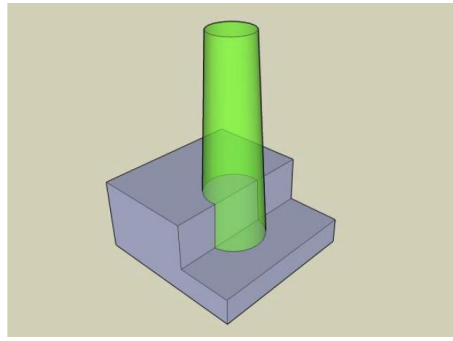


Рис. 2. Эффект смешанного края

При использовании сканирования высокого разрешения на объекте увеличивается вероятность попадания луча на край, и полученные данные будут показывать шум сразу за краями объекта. Сканеры с меньшей шириной луча помогают решить эту проблему, но предел диапазона остается по мере увеличения ширины луча на расстоянии.

Неопределенность диапазона может быть выражена в зависимости от ряда параметров на основе типа лазерного сканера и его рабочего принципа. Ниже приведен краткий обзор неопределенностей диапазона, взятых в работе [7].

Для импульсного сканера точность диапазона зависит от механизма синхронизации. Это приводит нас к следующему уравнению 2:

$$\delta_z \approx \frac{c \cdot T_t}{2 \cdot \sqrt{SNR}} \quad (2)$$

- T_t - время нарастания импульса.
- SNR - отношение сигнал / шум.

Большинство наземных сканеров среднего и дальнего действия обеспечивают неопределенность в диапазоне от 5 до 50 мм в диапазоне 50 м. На этапе моделирования эти ошибки сводятся к минимуму путем усреднения или путем подгонки примитивных форм к облаку точек.

Неопределенность диапазона в лазерном сканирующем устройстве с амплитудной модуляцией зависит только от модулированной длины волны и отношения сигнал / шум и может быть описана следующим образом:

$$\delta_z \approx \frac{\lambda_m}{4\pi \cdot \sqrt{SNR}} \quad (3)$$

Оптимальные местоположения для станции, с которых будут производиться измерения должны быть выбраны так, чтобы гарантировать максимальный охват и точность при минимизации количества установок. Точность измерения зависит от диаметра отпечатка от заданной установки сканера, что указывает на то, что при определении положения сканера большое значение имеет угол падения (Рис. 3) и расстояние до объекта. Следующий список дает набор приоритетных правил, которые следует учитывать при определении оптимального положения сканера.

- Проверить положение, обеспечивающее зону большой площади без препятствий в линии

- Проверить соблюдены ли минимальные / максимальные пределы диапазона сканера для достижения определенной точности, чем больше расстояние до объекта, тем меньше точность и разрешение.

- Минимизировать внешний вид низких углов пересечения, под острыми углами лазерный луч не так хорошо отражается обратно на тахеометр (рис. 3), что приводит к меньшей точности.

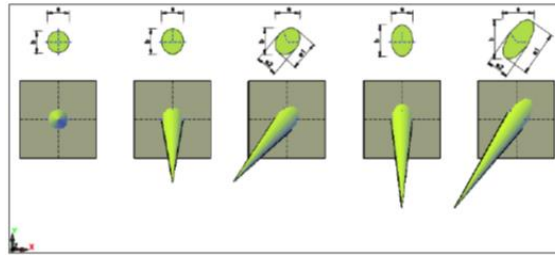


Рис. 3. Эффект смешанного края

Также исследования [1] показывают, что точность измерения электронным тахеометром расстояний в безотражательном режиме довольно сильно зависит от падения луча на отражающую поверхность. В среднем величина безопасного угла падения для большинства поверхностей составляет от 0 до 40° . В связи с чем необходимо грамотно выбирать места станций для измерений электронным тахеометром в безотражательном режиме.

Библиографический список

1. Назаров И.А. Исследование влияния угла падения лазерного луча и отражающих свойств поверхности на точность измерения расстояний безотражательным электронным тахеометром // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2011. Вып. 2 (16). Режим доступа: www.vestnik.vgasu.ru.
2. Ашраф А. А. Бешр. Исследование влияния угла наклона и цвета отражающих поверхностей на точность измерений безотражательным тахеометром // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 202–206.
3. Никонов А.В. Исследование точности измерения расстояний электронными тахеометрами в безотражательном режиме // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. 2015. № 1 (29). С. 43-53.
4. N. Takahashi, R. Wakutsu, T. Kato, T. Wakaizumi, T. Ooishi, R. Matsuoka. Experiment on UAV photogrammetry and terrestrial laser scanning for ict-integrated construction The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W6, 2017. International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics, 4-7 September 2017, Bonn, Germany.
5. M. Milenkovida, W. Karela, C. Ressler, N. Pfeiffer, A comparison of UAV and TLS data for soil roughness assessment ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume III-5, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague, Czech Republic.
6. W. Gruszczyski, W. Matwuj, P. Cwiakala. Comparison of low-altitude UAV photogrammetry with terrestrial laser scanning as data-source methods for terrain covered in low vegetation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 10, no. 5, p. 9, 2016.
7. F. Bernardini, J. Mittleman, H. Rushmeier, C. Silva, and G. Taubin, "The ball-pivoting algorithm for surface reconstruction," IEEE transactions on visualization and computer graphics, vol. 5, no. 4, pp. 349359, 1999.
8. Nahulina N.B. Modern Technologies Applied to Archaeological Research in Voronezh Region / N.B. Nahulina, L.I. Maslikhova, S.V. Akimova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 032037.
9. Grabovoy P.G. Monitoring the Stress State of Frame Structures of Buildings and Structures Under the Influence of Operational Load On Construction Sites / P.G. Grabovoy, Yu.G. Trukhin, N.I. Trukhina // Real Estate: Economics, Management. 2019. № 2. С. 46-52.

Научное издание

СТУДЕНТ И НАУКА

Научный журнал

Выпуск № 4 (15)

В авторской редакции

Дата выхода в свет: 30.12.2020. Формат 60x84 1/8. Бумага писчая.

Усл. печ. л. 7,6. Уч.-изд. л. 4,4.

Тираж 500 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