



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



**№5(73)**

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**МОСКВА, 2024**



# НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам LXXIII международной  
научно-практической конференции*

№ 5 (73)  
Май 2024 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва  
2024

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

*Лебедева Надежда Анатольевна* – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

*Данилов Олег Сергеевич* – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

*Маршалов Олег Викторович* – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Россия, г. Златоуст.

**Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки:** сб. ст. по материалам LXXIII междунар. науч.-практ. конф. – № 5 (73). – М.: Изд. «МЦНО», 2024. – 60 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2024

<b>Оглавление</b>	
<b>Технические науки</b>	<b>5</b>
<b>Раздел 1. Технические науки</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Авиационная и ракетно-космическая техника</b>	<b>5</b>
СООТНОШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НА ПРЯМОМ И КОСОМ СКАЧКАХ УПЛОТНЕНИЯ Ивашин Кирилл Алексеевич	5
СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ	9
<b>1.2. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>13</b>
НЕФТЕГАЗОВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ Отеген Дархан Айтжанулы	13
<b>1.3. Строительство и архитектура</b>	<b>22</b>
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ EASYTRACE И MAPINFO В СОЗДАНИИ РЕАЛИСТИЧНЫХ 3D-МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ДАННЫХ Мухамедиярова Тогжан Дарханкызы Баянбек Руслан Баянбекулы	22
ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ Ломов Сергей Алексеевич Степанов Михаил Алексеевич	28
<b>1.4. Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение</b>	<b>47</b>
ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ СКВАЖИНЫ ПУТЕМ ФОРСИРОВАННОГО ОТБОРА УСТАНОВКАМИ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ Вахитов Артур Маратович	47

<b>Физико-математические науки</b>	<b>51</b>
<b>Раздел 2. Математика</b>	<b>51</b>
<b>2.1. Теория вероятностей и математическая статистика</b>	<b>51</b>
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ КАНТЕЛЛИ ДЛЯ ТАБЛИЧНЫХ ФУНКЦИИ Иванченко Владислав Александрович Якуба Владислав Витальевич Баженова Ирина Владимировна	51

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### РАЗДЕЛ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### 1.1. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

#### СООТНОШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НА ПРЯМОМ И КОСОМ СКАЧКАХ УПЛОТНЕНИЯ

*Ивашин Кирилл Алексеевич*

*студент магистратуры,  
Балтийский государственный технический  
университет «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

#### THE RATIO OF THE PARAMETERS ON THE FORWARD AND OBLIQUE JUMPS OF THE SEAL

*Kirill Ivashin*

*Master's degree student,  
D.F. Ustinov Baltic State  
Technical University "VOENMEH",  
Russia, St. Petersburg*

**Аннотация.** Описание скачков уплотнения и приведение соотношений термодинамических параметров до и после скачков уплотнения. Соотношения получены теоретическим методом при учете идеального двухкомпонентного газа, благодаря чему можно составить программу для вычисления термодинамических параметров для любого скачка уплотнения в двухкомпонентном высокотемпературном воздухе.

**Abstract.** Description of the seal surges and reduction of the ratio of thermodynamic parameters before and after the seal surges. The ratios are obtained theoretically by taking into account an ideal two-component gas, so that it is possible to create a program for calculating thermodynamic parameters for any seal surge in two-component high-temperature air.

**Ключевые слова:** скачок уплотнения, термодинамические параметры, соотношения на скачке уплотнения.

**Keywords:** seal surge, thermodynamic parameters, ratios on the seal surges.

Классическая задача о скачке уплотнения состоит в определении параметров газа за скачком по заданному состоянию газа и параметрам его движения перед скачком уплотнения. При этом скачек уплотнения полагается покоящимся – решение выполняется в системе координат, связанной со скачком.

Для задач динамики полета это означает, что скачек рассматривается в координатной системе, связанной с движущимся телом и при постановке задачи используется принцип обращения движения.

Тогда термодинамические параметры газа перед скачком уплотнения являются параметрами невозмущенной внешней среды, а скорость набегающего потока обратна скорости движения тела. Параметры газа до и после скачка уплотнения связаны между собой соотношениями, следующими из законов сохранения массы, импульса и энергии. Эти связи следующий имеют вид. Сохранение массы при переходе через скачок (масса переносится только нормальной составляющей скорости).

$$\rho_1 v_{n1} = \rho_2 v_{n2} \quad (1)$$

Закон изменения количества движения является векторным соотношением, которое представляется в виде двух его проекций. Изменение количества движения в направлении, нормальном к скачку.

$$\rho_1 v_{n1}^2 + p_1 = \rho_2 v_{n2}^2 + p_2 \quad (2)$$

И изменение количества движения в направлении, касательном к скачку (здесь принимается во внимание то обстоятельство, что градиент давления в направлении касательной к поверхности скачка равен нулю).

$$\rho_1 v_{n1} v_{\tau 1} = \rho_1 v_{n2} v_{\tau 2} \quad (3)$$

В силу закона сохранения массы приводится к требованию равенств касательных составляющих скорости.

$$v_{\tau 1} = v_{\tau 2} \quad (4)$$

Уравнение, выражающее закон сохранения энергии при переходе через скачок имеет вид:

$$\rho_1 v_{n1} (\varepsilon_1 + \frac{v_1^2}{2}) = \rho_2 v_{n2} (\varepsilon_2 + \frac{v_2^2}{2}) \quad (5)$$

Здесь через  $\varepsilon$  обозначена внутренняя энергия единицы массы газа. Выражения в скобках представляет сумму внутренней и кинетической энергии единицы массы газа в состояниях до и после скачка. Изменение этой характеристики связано с работой, совершаемой над данной массой внешними силами, из которых учитываются лишь поверхностные силы давления. Поделив обе части этого соотношения на поток массы через скачок  $\rho_1 v_{n1} = \rho_2 v_{n2}$ , получим соотношение:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2} = h_2 + \frac{v_2^2}{2}, \quad (6)$$

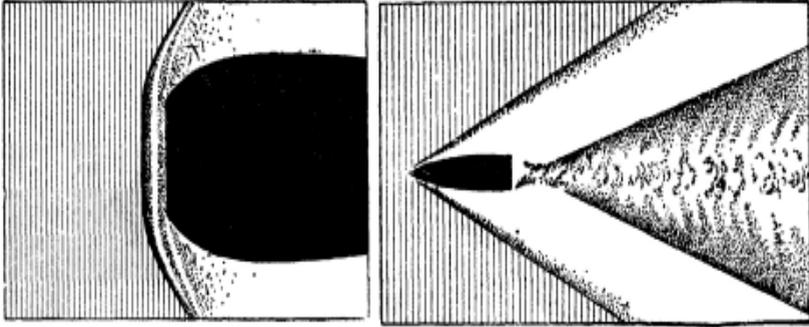
в котором через  $h = \varepsilon + p/\rho$  обозначена энтальпия единицы массы газа – термодинамическая функция, которая более удобна при проведении расчетов.

Превышение скорости звука в газовых средах приводит к возникновению скачков уплотнения.

Когда какое-нибудь тело движется в газовой среде со скоростью, превышающей скорость распространения звука в данной среде, то упругие деформации среды, возникающие вокруг движущегося тела, отстают от него и создают перед движущимся телом скачок уплотнения.

Скачки уплотнения представляют собой участок среды с толщиной порядка средней длины свободного пробега молекулы. На этом участке скачкообразно изменяются термодинамические параметры макросистемы. Скачки уплотнения создают в пространстве ударные волны.

Ударные волны в свою очередь – это поверхность разрыва среды. Они возникают также и при взрывах снарядов, бомб или при прохождении через газ электрического разряда.



**Рисунок 1. Прямой и косой скачки уплотнения**

Скачки уплотнения бывают прямыми и косыми. Косые скачки уплотнения несут за собой меньшие изменения термодинамических параметров, поэтому для уменьшения сопротивления крыла летательных аппаратов используются треугольные формы передней кромки объекта.

Когда значения числа Маха кинетическая энергия потока значительно превышает энтальпию, что позволяет пренебречь изменением последний. Это позволяет делать форму тела тупой, так как при такой форме кромки объекта стабилизация течения наступает при меньших числах Маха.

Просчет термодинамических параметров за прямым скачком уплотнения необходим при проектировании передней кромки движущегося на высоких скоростях тела.

### **Список литературы:**

1. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. Москва: Физматлит, 2012. 468 с. ISBN 978-5-9221-1438-7
2. Крайко А.Н., Теоретическая газовая динамика: классика и современность. Москва: ТОРУС ПРЕСС, 2010. 440 с. ISBN: 978-5-94588-076-4
3. Крайко А.Н., А.Н. Крайко, В.Е. Макаров, Явные аналитические формулы, определяющие равновесный состав и термодинамические функции воздуха для температур от 200 до 20000 К. 1996. том 34, выпуск 2, с. 208-219

*СТАТЬЯ УДАЛЕНА ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

## 1.2. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

### НЕФТЕГАЗОВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ

*Отеген Дархан Айтжанулы*

*студент магистратуры,  
Кызылординский университет  
имени Коркыт Ата,  
Казахстан, г. Кызылорда*

### OIL AND GAS MACHINE BUILDING: INNOVATIVE ASPECTS OF DEVELOPMENT

*Darkhan Otegen*

*Master's student,  
Kyzylorda Korqyt Ata  
University, Kyzylorda,  
Kazakhstan, Kyzylorda*

**Аннотация.** Нефтегазовое машиностроение, стоящее на передовой промышленного инновационного прогресса, занимает ключевую позицию в экосистеме нефтегазовых предприятий, активно способствуя их развитию. Несмотря на его важность, сама отрасль машиностроения испытывает острую потребность в новаторских подходах и технологиях. Среди основных барьеров, удерживающих отрасль от более быстрого развития, выделяются такие факторы, как ограниченные финансовые ресурсы, острая конкуренция на глобальных рынках и нехватка квалифицированных специалистов, способных внедрять и адаптировать новейшие технологии. В данной статье осуществляется глубокий анализ текущего состояния ведущих предприятий в сфере нефтегазового машиностроения; идентифицированы основные вызовы и намечены тренды, которые окажут значительное влияние на будущее отрасли. В результате исследования была определена критическая роль машиностроения в производственных процессах нефтегазовых компаний и предложены стратегические рекомендации для их дальнейшего инновационного и технологического развития.

**Abstract.** Oil and gas engineering, which stands at the forefront of industrial innovation progress, occupies a key position in the ecosystem of oil and gas enterprises, actively contributing to their development. Despite its importance, the engineering industry itself is in urgent need of innovative approaches and technologies. Among the main barriers holding the industry back from faster development are such factors as limited financial resources, intense competition in global markets and a shortage of qualified specialists capable of implementing and adapting the latest technologies. This article provides an in-depth analysis of the current state of the leading enterprises in the field of oil and gas engineering; identifies the main challenges and outlines trends that will have a significant impact on the future of the industry. As a result of the study, the critical role of mechanical engineering in the production processes of oil and gas companies was determined and strategic recommendations for their further innovative and technological development were proposed.

**Ключевые слова:** нефтегазовое машиностроение, наукоемкая отрасль, инновационные технологии, нефтегазовое оборудование, нефтегазовый комплекс.

**Keywords:** oil and gas engineering, science-intensive industry, innovative technologies, oil and gas equipment, oil and gas complex.

Машиностроение, как интенсивно использующая науку отрасль промышленности, внедряет в свои производственные процессы самые передовые инновационные технологии. Значительная часть деятельности таких наукоемких секторов заключается в осуществлении научно-исследовательских разработок, что, в свою очередь, предполагает необходимость в дополнительных инвестициях для привлечения квалифицированного научного персонала. Использование таких продвинутых подходов позволяет значительно сократить энергетическую и ресурсную емкость производственных процессов. Отсюда следует, что уровень развития наукоемких отраслей лежит в основе устойчивого экономического прогресса. В глобальном масштабе наблюдается тенденция к увеличению доли производств, которые базируются на применении ресурсосберегающих технологий наукоемкого типа, стремясь к выпуску высокотехнологичной продукции, обладающей значительной добавленной стоимостью. К числу наукоемких отраслей причисляются все сегменты машиностроения, среди которых выделяется "Машиностроение для нефтегазовой промышленности". Этот сектор занимает особое место и считается приоритетным, поскольку нефтегазовый комплекс демонстрирует стабильно высокий спрос на продукцию машиностроения.

Важность этого сегмента обусловлена критической ролью, которую машиностроительная продукция играет в добыче, переработке и транспортировке углеводородного сырья, что делает его незаменимым элементом в структуре всего нефтегазового сектора.

Спрос на нефтегазовое оборудование продолжает увеличиваться в связи с расширением добычи углеводородов на крупнейших месторождениях, таких как Тенгизское, Карачаганакское и Кашаганское, а также в результате активного освоения месторождений на Каспийском шельфе. Этот рост спроса также обусловлен значительным износом основных фондов на нефтеперерабатывающих заводах, газокomppressorных станциях и в сетях нефте- и газопроводов, большая часть которых эксплуатируется от 20 до 30 лет.

По прогнозам, увеличение объемов добычи нефти и газа приведет к возрастанию потребности в специализированном нефтегазовом оборудовании. Важно также отметить, что существует актуальная потребность в модернизации устаревшего оборудования, что в перспективе способствует увеличению импорта машин, оборудования и транспортных средств.

Стабильное развитие нефтегазового комплекса Казахстана тесно связано с прогрессом в нефтегазовом машиностроении. Данная отрасль отличается высоким потенциалом спроса на рынке, наличием развитой производственной базы и сравнительно низкими рисками. Однако поскольку отечественное машиностроение пока не в полной мере отвечает потребностям отрасли, значительная часть спроса покрывается за счет импорта. Основными поставщиками нефтегазового оборудования в Республике Казахстан являются такие китайские компании, как «CNPC» и «Sinopet», а также «Halliburton», «Schlumberger», «Baker Hughes», «Worley Parsons», «Weatherford», и «Parsons Fluor Daniel». Преобладание импортного оборудования объясняется доминированием иностранных компаний в добыче нефтегазовых ресурсов, особенно в морских проектах, где лидируют такие компании, как «Shell» и «Statoil».

Отечественные производители нефтегазового оборудования получают значительную поддержку от национальной компании «КазМунайГаз», которая активно закупает такое оборудование, как штанговые глубинные насосы, насосно-компрессорные трубы и печи для подогрева нефти. В соответствии с «Стратегией развития АО НК «КазМунайГаз» на 2012–2022 годы», к 2022 году планируется увеличение запасов нефти до 1,4 млрд. тонн и доведение объема добычи до 35,4 млн. тонн в год, преимущественно за счет разработки месторождений на шельфе Каспийского моря. Это создаст потребность в инновационном оборудовании

для морских условий и дополнительно стимулирует развитие нефтегазового машиностроения.

В секторе нефтегазового машиностроения Казахстана функционирует около 100 производств, но только 53 из них обладают значимой специализацией, сосредотачиваясь на выпуске широкого спектра нефтегазового оборудования. Среди ведущих предприятий данного направления выделяются такие как АО «Алматинский завод тяжелого машиностроения» (АЗТМ), «Петропавловский завод тяжелого машиностроения» (ПЗТМ), «Западно-Казахстанская машиностроительная компания» (ЗКМК) в Уральске, а также «Актюбинский завод нефтяного оборудования», «Казнефтегазмаш», «Белкамит» в Алматы, «Завод имени С.М.Кирова» и «Мунаймаш» в Петропавловске. Отметим, что почти все производства, специализирующиеся на выпуске нефтегазового оборудования, также выполняют функции оборонного производства, что подчеркивает их стратегическое значение для экономической безопасности страны.

АО «Алматинский завод тяжелого машиностроения» (АЗТМ), представляющий собой одно из крупнейших машиностроительных предприятий в Республике Казахстан, осуществляет полный производственный цикл. Завод обладает сталелитейным и чугунолитейным производством, механообрабатывающими цехами, модельным участком, термическим цехом, а также сборочным цехом, оборудованным испытательными стендами. Помимо этого, на заводе функционируют современные лаборатории. Производственные мощности предприятия оснащены современным высокопроизводительным оборудованием, что подтверждено сертификатами ISO 9001-2008 и ISO 50001:2011.

АЗТМ изготавливает более 3,5 тысяч наименований продукции, включая нефтепромысловое оборудование, такое как станки-качалки. Около 30% выпускаемой продукции завод экспортирует в 35 стран мира, что подчеркивает его значительное международное присутствие. Кроме того, завод имеет большой потенциал для производства прокатного оборудования, оборудования для нефтегазовой и горнодобывающей промышленности, а также общепромышленной продукции.

На данный момент завод разрабатывает инвестиционный план на строительство нового производственного комплекса в свободной экономической зоне «Алатау», предполагающий инвестиции на сумму около 170 миллионов долларов. За последние тридцать лет завод получил 54 патента и более 300 авторских свидетельств на изобретения, что подтверждает его ведущие позиции в области инноваций и научно-технического прогресса.

Среди основных потребителей продукции АЗТМ числятся крупные казахстанские и международные компании, включая «Мангистаунаугаз», «Озенмунайгаз», «Эмбаунаугаз», «Казахмыс», «АрселорМиттал Темиртау», а также «Алматинские электрические станции», «Казхром», «ЕЭК». В ряде зарубежных стран завод сотрудничает с металлургическими комбинатами, такими как «ММК», «НЛМК», «Евраз-Холдинг», «Северсталь» (Россия), «Запорожсталь» (Украина), «Узбекский металлургический комбинат» (Узбекистан), «Гаджикская алюминиевая компания» (Гаджикистан) и другими. АЗТМ полностью подготовлен к созданию обновленного наукоемкого предприятия замкнутого цикла, представляющего собой машиностроительный комплекс нового поколения.

АО "Петропавловский завод тяжелого машиностроения" (ПЗТМ) активно участвует в реализации государственной программы "Цифровой Казахстан-2020". В рамках этой программы завод занимается модернизацией и цифровизацией своих производственных процессов. Одним из ключевых направлений является внедрение комплексов автоматизации, включая "Технологическую подготовку производства" и "Информационно-поисковую систему" (ИПС). ИПС представляет собой интегрированную автоматизированную систему управления производством, которая значительно повышает эффективность работы предприятия.

В настоящее время ПЗТМ реализует проект "Технологическая модернизация производства", который предполагает приобретение 39 единиц инновационного оборудования. Общий объем инвестиций в рамках этого проекта достигает 4,4 млрд. тенге. Это подчеркивает серьезность намерений завода в отношении обновления и повышения уровня своего технического оснащения.

Кроме того, в Казахстане работает АО "Западно-Казахстанская машиностроительная компания" (ЗКМК), которая специализируется на производстве высокотехнологичного оборудования для добычи, подготовки и транспортировки нефтегазовых ресурсов. В рамках программы, реализуемой национальной компанией "КазМунайГаз", на заводах Казахстана освоено производство более 300 видов нефтегазового оборудования. ЗКМК начал выпуск современного высокотехнологичного оборудования, что позволяет компании удовлетворять текущие потребности нефтегазовой отрасли.

АО "Актюбинский завод нефтяного оборудования" также играет важную роль в отрасли, обладая высокотехнологичным оборудованием для производства качественной продукции. Завод активно сотрудничает с крупными нефтегазовыми компаниями и ведет инновационную политику, направленную на освоение новых видов продукции. Руководство завода

ставит стратегическую задачу перехода от выпуска импортозамещающей продукции к экспортоориентированному оборудованию и выходу на международные рынки.

ТОО "Белкамит", созданное на базе оборонного завода "Гидромаш" с участием иностранных компаний, специализируется на проектировании и производстве широкой номенклатуры продукции для различных отраслей, включая нефтегазодобывающую и нефтегазоперерабатывающую промышленность. Компания является важным поставщиком для ряда крупных отечественных и иностранных компаний, что подтверждает её ключевую роль в обеспечении нужд промышленности.

АО "Мунаймаш", одно из старейших машиностроительных предприятий Казахстана, имеет уникальную историю и важное значение для отрасли. Основанное в 1941 году на базе эвакуированного Таганрогского завода "Красный гидропресс", оно активно работало в период Великой Отечественной войны, выпуская продукцию для оборонных нужд. Сегодня завод специализируется на производстве скважинных штанговых насосов, применяемых при добыче нефти, особенно в Западном Казахстане. Главным потребителем его продукции является АО "РД "КазМунайГаз".

Продукция завода отличается высокой точностью, антикоррозийной устойчивостью и износостойкостью, что делает ее соответствующей мировым стандартам и идеально подходящей для нужд нефтедобывающих предприятий. В рамках программы "Производительность 2020", АО "Мунаймаш" реализует амбициозный проект модернизации своего производства, что стало первым одобренным проектом данной программы. Это позволило предприятию получить долгосрочное лизинговое финансирование на льготных условиях.

Особое внимание заслуживает проект "Модернизация механообрабатывающего производства изделий нефтяной промышленности", в рамках которого было приобретено 12 современных высокотехнологичных автоматизированных станков из Японии, США и Бразилии. Эти инвестиции в размере 1,5 млрд тенге позволили сократить время механической обработки в пять раз и увеличить производительность предприятия в полтора раза, тем самым значительно обновив морально и физически устаревшее оборудование.

Нефтегазовое машиностроение, хотя и составляет всего 5% от общего объема машиностроительной отрасли РК, обладает значительным потенциалом для дальнейшего развития. В 2018 году объем производства нефтегазового машиностроения составил 53,4 млрд тенге, что составляет 90,3% индекса физического объема. В контексте растущего спроса, обусловленного реализацией крупных нефтегазовых проектов,

отрасль видит перед собой возможности для расширения и улучшения производственных мощностей, что может способствовать более высокому уровню инноваций и внедрению передовых технологий в производственные процессы.

Основные проблемы нефтегазового машиностроения в Казахстане охватывают широкий спектр вопросов, влияющих на всю отрасль. Среди ключевых проблем – недостаточно высокий уровень технологий, низкая рентабельность и производительность труда, неразвитость инжиниринга и научно-исследовательской деятельности, а также недостаток квалифицированных кадров. Эти факторы сдерживают развитие отрасли, уменьшая её конкурентоспособность как на внутреннем, так и на международных рынках.

Одним из перспективных направлений развития является выпуск комплексного оборудования для строительства мини-нефтеперерабатывающих заводов (мини-НПЗ). Инвестиции в создание мини-НПЗ могут значительно повысить степень переработки нефти непосредственно в регионе добычи, что снизит затраты на транспортировку и повысит общую экономическую эффективность. Помимо этого, модернизация существующих и строительство новых НПЗ в настоящее время активно зависят от импортных технологий, что делает стратегически важным развитие собственных технологических решений.

Проекты по созданию мини-НПЗ могут оказаться выгодными в свете текущих экологических проблем. Например, в Прикаспийском регионе, где наблюдается значительное нефтяное загрязнение, установка заводов для переработки амбарной нефти может принести значительные доходы и одновременно сократить экологический ущерб. Инвестиции в размере 5 миллионов долларов могут принести ежегодную прибыль в размере 50-60 миллионов долларов, что подчеркивает экономическую привлекательность таких проектов.

Нефтегазовое машиностроение Казахстана, несмотря на свои незначительные позиции в общей структуре промышленного производства, представляет собой сектор с значительным рыночным и инвестиционным потенциалом. Это динамично развивающаяся отрасль, требующая структурных преобразований и внедрения передовых технологий для увеличения своей доли в национальной экономике.

Машиностроение, и в частности нефтегазовое машиностроение, занимает уникальное место в промышленной структуре, поскольку способно охватить широкий спектр продукции от высокотехнологичного оборудования до стандартных комплектующих. Ключевыми аспектами, требующими развития в этой отрасли, являются специализация,

кооперация и масштабирование производства, что позволит улучшить эффективность и конкурентоспособность производимой продукции.

Переход к высокотехнологичному и наукоемкому производству требует значительных инвестиций в модернизацию и техническое перевооружение. Это не только повысит производительность труда, но и способствует интеграции современных технологических решений, в том числе цифровизации производственных процессов. Цифровизация машиностроения, оцениваемая как возможность снижения себестоимости продукции на 20%, становится критически важной для повышения эффективности и уменьшения издержек.

Развитие нефтегазового машиностроения также включает в себя расширение номенклатуры выпускаемой продукции и углубление локализации производства. В этом контексте, Комплексный план развития машиностроения на 2019 – 2030 годы, который разрабатывается Союзом машиностроителей Казахстана, представляет собой стратегический документ, направленный на обеспечение долгосрочного роста и стабильности отрасли.

В итоге, для устойчивого развития национальной экономики Казахстана важно обеспечить опережающий рост машиностроительной отрасли. Это позволит повысить уровень механизации производственных процессов, что способствует росту производительности труда и усиливает экономическую безопасность страны. Такой подход поможет республике адаптироваться к новым технологическим укладам и укрепить свои позиции на международной арене, ускоряя процесс индустриализации и модернизации промышленности.

### Список литературы:

1. Алматинский завод тяжелого машиностроения отмечает 75-летие. – Режим доступа: <https://24.kz/ru/tv-projects/item/149095-almatinskij-zavod-tyazhelogo-mashinostroeniyaotmechaet-75-letie> (дата обращения 27.03.2019).
2. АО «Актюбинский завод нефтяного оборудования». – Режим доступа: <https://aznoao.all.biz/> (дата обращения 08.04.2019).
3. АО «Мунаймаш». – Режим доступа: <http://www.aomm.kz/ru/> (дата обращения 08.04.2019).
4. АО «Мунаймаш» запустило проект по модернизации производства на 1,5 млрд тенге. Режим доступа: <https://www.zakon.kz/4522873-ao-munajjmash-zapustilo-proekt-po.html> (дата обращения 08.04.2019).
5. Легенда тяжелого машиностроения. – Режим доступа: <http://success.kz/archive/2018/449-legenda-tyazhelogo-mashinostroeniya.html> (дата обращения 27.03.2019).

6. Машиностроительный завод ТОО «Белкамит». – Режим доступа: <http://byelkamit.kz/> (дата обращения 08.04.2019).
7. Правительство стимулирует нефтегазовое машиностроение/Курсив. – 26.03.2019. – Режим доступа: <https://kursiv.kz/news/otstavki-i-naznacheniya/2019-03/pravitelstvo-stimuliruetneftegazovoe-mashinostroenie> (дата обращения 09.04.2019).
8. Процесс цифровизации сфер жизни сегодня затрагивает практически все страны мира. – Режим доступа: <https://izdatelstvo-sk.kz/news/process-cifrovizacii-sfer-zhizni-segodnyazatragivaet-prakticheski-vse-strany-mira/> (дата обращения 28.03.2019).

### **1.3. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**

#### **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ EASYTRACE И MAPINFO В СОЗДАНИИ РЕАЛИСТИЧНЫХ 3D-МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ДАННЫХ**

***Мухамедиярова Тогжан Дарханкызы***

*магистр технических наук,  
НАО «Университет  
имени Шакарима города Семей»,  
Казахстан, г. Семей*

***Баянбек Руслан Баянбекулы***

*магистр технических наук,  
НАО «Университет  
имени Шакарима города Семей»,  
Казахстан, г. Семей*

#### **ANALYSIS OF THE CAPABILITIES OF THE EASY TRACE AND MAPINFO SOFTWARE IN CREATING REALISTIC 3D TERRAIN MODELS BASED ON A DATABASE**

***Togzhan Mukhamediyarova***

*Master of Technical Sciences,  
Shakarim University,  
Kazakhstan, Semey*

***Ruslan Bayanbek***

*Master of Technical Sciences,  
Shakarim University,  
Kazakhstan, Semey*

**Аннотация.** Данная статья посвящена изучению и сравнению методик рисования рельефа местности в программе EasyTrace и построения трехмерных моделей местности в программе MapInfo, при этом особое внимание уделяется использованию баз данных. В первой части статьи описывается процесс создания и визуализации рельефных карт в

EasyTrace, включая методы рисования изолиний и применение различных техник для улучшения наглядности карты, таких как добавление теней и использование цветовой градации для различных высотных уровней. Вторая часть статьи фокусируется на создании трехмерной модели местности в MapInfo, где ключевым аспектом является интеграция и анализ данных, полученных из геопространственных баз данных. Это включает в себя обработку и преобразование данных в модель, которая может быть использована для более сложных аналитических задач, таких как планирование использования земли или оценка экологических рисков. Статья демонстрирует, как обе программы могут использоваться для точной и эффективной работы с рельефом местности, обеспечивая полезные инструменты для профессионалов в области картографии и геоинформационных систем.

**Abstract.** This article is devoted to the study and comparison of techniques for drawing terrain in the EasyTrace program and building three-dimensional terrain models in the MapInfo program, with special attention being paid to the use of databases. The first part of the article describes the process of creating and visualizing relief maps in EasyTrace, including methods for drawing isolines and using various techniques to improve the visibility of the map, such as adding shadows and using color gradation for various elevation levels. The second part of the article focuses on creating a three-dimensional terrain model in MapInfo, where the key aspect is the integration and analysis of data obtained from geospatial databases. This includes processing and converting data into a model that can be used for more complex analytical tasks such as land use planning or environmental risk assessment. The article demonstrates how both programs can be used to work accurately and efficiently with terrain, providing useful tools for professionals in the field of cartography and geoinformation systems.

**Ключевые слова:** геология, геодезия, 3D модель, рельеф, Easy Trace, ГИС, Mapinfo, база данных.

**Keywords:** geology, geodesy, 3D model, relief, Easy Trace, GIS, Mapinfo, database.

В настоящее время программы цифровых карт играют ключевую роль в создании, хранении, анализе и визуализации географических данных. Они позволяют создавать точные и подробные карты, которые можно использовать в различных областях, таких как геология, геодезия, транспорт, экология, туризм и т. д. В нашей статье мы рассмотрели тему получения 3D модели рельефа в картографических геоинформационных системах с использованием баз данных.

Easy Trace – это программа векторизатора для декодирования и обработки высококачественных и сильно изношенных картографических материалов и изображений для создания современной ГИС. Универсальность пакета позволяет успешно готовить данные для любой ГИС, а простота ввода и обработки дает преимущества даже при 100% оцифровке. Технология, представленная в пакете Easy Trace, основана на мозаичном растрово-векторном поле бесконечного размера. Количество векторных слоев не ограничено, в свою очередь каждый слой может содержать до миллиона объектов. Таким образом, Easy Trace позволяет собирать векторное покрытие всего города, содержащее сотни тысяч объектов и связанных данных атрибутов на одном рабочем месте. Мы заметили, что в процессе применения этой программы работы выполняются легко. В нашем случае мы уменьшаем время векторизации при использовании программы. То есть, если растровая обработка занимает всего несколько минут, векторизация занимает часы [1-2].

Потребовалось несколько лет, чтобы оснастить EasyTrace базовым функциональным набором. В то время его основными преимуществами были низкая цена, простота и высокая скорость работы с растрами. Затем пакет отошел от роли погони, предлагая свой собственный, оригинальный способ получения векторных данных из растров. На основе интерактивного взаимодействия с оператором пакет превратился из набора специальных инструментов, собранных под одной оболочкой, в набор интерактивных утилит, работающих одновременно с тысячами объектов. Оказалось, что подготовка подробных данных требует мощных средств коррекции. Обычно эта задача загружается в ГИС, а не в инструменты векторизации.

Суть работы в общей программе состоит в распределении большого количества работ между несколькими операторами. Клонирование или создание проекта из прототипа в терминах EasyTrace позволяет вспомнить (унаследовать) все свойства исходного проекта.

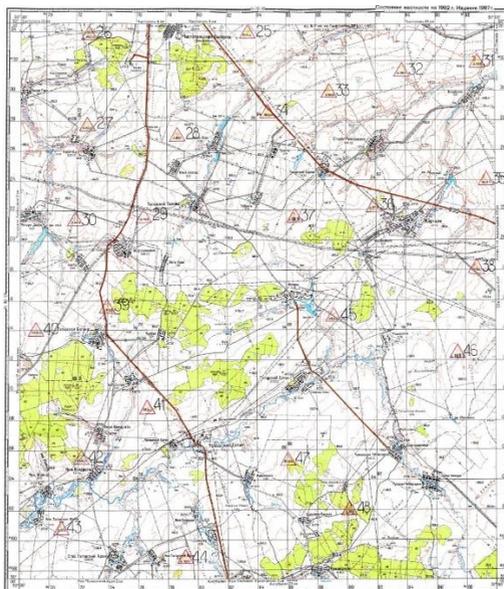
А связывание растров определяет только то, какие фрагменты проекта обрабатываются в каждом из повторяющихся (клонировующих) проектов [2-3].

Операция связывания может состоять из:

- геометрической растровой коррекций;
- размещения растровых фрагментов в общем растрово-векторном поле;
- Простого редактирования растра с использованием файла географической привязки, такого как файл TFW, MAP, CRT или Tab.

С целью получения 3D модели рельефа в картографических геоинформационных системах с использованием базы данных мы рассмотрели в

программе MapInfo с использованием топографической карты масштаба 1:100000, предоставленной нам (рис.1).



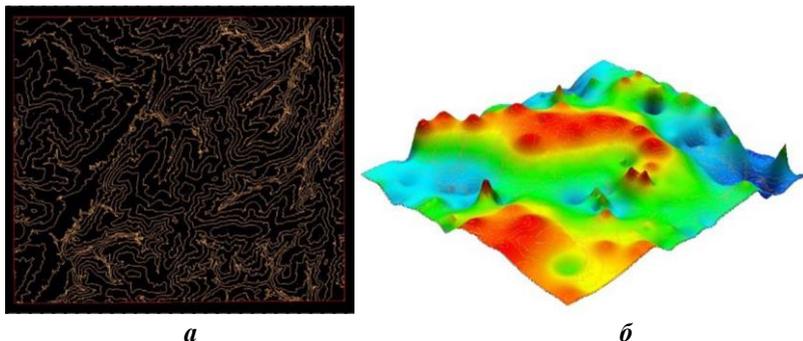
**Рисунок 1. Топографическая карта в масштабе 1:100000**

Данные в MapInfo также продолжают рассматриваться в виде карт, диаграмм и графиков и, если они изменяют данные в той или иной таблице, они полностью охватывают другие. Среди геоинформационных систем MapInfo является наиболее удобным. Там очень удобно работать с картографическими и семантическими данными. Для применения ГИС-технологии в картографировании и проведении агроэкологической оценки земель требуется соответствующее базовое и аппаратное обеспечение [1-4].

Программа MapInfo позволяет создавать 3D модели рельефа с помощью базы данных. 3D моделирование рельефа становится все более популярным среди геодезистов, архитекторов, инженеров и других специалистов, работающих с геопространственными данными.

Это дает возможность улучшить визуализацию и анализ рельефа, а также повысить эффективность проектирования и планирования инфраструктурных проектов. База данных играет важную роль в создании и управлении 3D-моделью рельефа в программе MapInfo.

База данных хранит информацию не только о геопростых данных, но и об их свойствах и связях. Например, 3D модель здания должна быть построена с использованием высоты, площади, количества этажей и других характеристик, которые можно сохранить на базе данных [4-5].



**Рисунок 2. а-2D модель рельефа местности с базой данных в программе EasyTrace, б-3D модель рельефа местности посторенная в программе MapInfo**

Рельеф местности-это разные контуры и размеры земной коры. Он трансформируется из внешних и внутренних сил. Изменения происходят очень медленно и незаметно, в первую очередь на рельеф влияют процессы, происходящие в самой местности и вызывающие движение тектонических плит. В небольшом количестве действуют внешние силы-ветры, космические силы, действия человека [4].

MapInfo является мощным инструментом для создания 3D модели рельефа с использованием данных, визуализации и анализа геопространственных данных. Благодаря этому методу можно эффективно проектировать и планировать различные инфраструктурные проекты, а также делать точные прогнозы на основе данных о земле и принимать решения о проблемах [5].

Рельеф местности играет важную роль в различных областях деятельности, и умение работать с ним является необходимым навыком для специалистов в области географии, геологии, гражданского строительства и многих других. Программы как EasyTrace, так и MapInfo предоставляют мощные инструменты для работы с рельефом местности, позволяя пользователям создавать точные и информативные рельефные карты и 3D-модели с использованием базы данных.

**Список литературы:**

1. Привязка карты растровым способом в MapInfo (youtube.com)
2. Библиотека условных знаков для MapInfo. – М.: ЭСТИМАП, 2005. – 15 с.
3. Руководство пользователя. MapInfoProfessional 11,5. – М.: ЭСТИМАП, 2012 г.
4. Ковин Р.В., Пекарская С.С., Работа в среде геоинформационных систем. Методические указания к циклу лабораторных работ / Р.В. Ковин. – Томск: Изд. ТПУ, 2021 г. – 61 с.
5. Виды цифровых моделей местности. [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://helpiks.org/1-87938.html> (дата обращения 20.10.2019).

## ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

**Ломов Сергей Алексеевич**

*студент, магистрант,  
Тюменский индустриальный университет,  
РФ, г. Тюмень*

**Степанов Михаил Алексеевич**

*научный руководитель, канд. техн. наук, доц.,  
Тюменский индустриальный университет,  
РФ, г. Тюмень*

## STUDYING THE ISSUES OF BUILDING A MONITORING SYSTEM FOR LOAD-BEARING STRUCTURES

**Sergey Lomov**

*Student, undergraduate,  
Industrial University of Tyumen,  
Russia, Tyumen*

**Mikhail Stepanov**

*Scientific supervisor,  
Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Industrial University of Tyumen,  
Russia, Tyumen*

**Аннотация.** Классифицированы методы и средства проведения мониторинга. Систематизированы требования к мониторингу строящихся зданий. Проанализирована нормативная документация. Рассмотрены контролируемые параметры. Уточнено понятие аварийного состояния здания. Описаны решения проблем, вызванные на стадиях возведения. Сделаны выводы и сформулированы направления дальнейших исследований.

**Abstract.** Methods and means of monitoring are classified. The requirements for monitoring buildings under construction are systematized. The regulatory documentation has been analyzed. The controlled parameters are considered. The concept of the emergency condition of the building has been clarified. Solutions to the problems caused at the stages of construction

are described. Conclusions are drawn and directions for further research are formulated.

**Ключевые слова:** численное моделирование, мониторинг несущих конструкций, датчики, осадка, контролируемые параметры, проблемы мониторинга, шаблон мониторинга.

**Keywords:** numerical modeling, monitoring of load-bearing structures, sensors, sediment, controlled parameters, monitoring problems, monitoring pattern.

Мониторинг объектов строительства позволяет быть уверенным в том, что строительство идет по плану, а также заранее позволяет предупредить о деформациях конструкций и предотвращать чрезвычайные ситуации на стадии строительства и эксплуатации.

Выделяются следующие основные виды мониторинга зданий и сооружений в таблице 1 [1. Рис. 1].

*Таблица 1.*

**Виды мониторинга зданий и сооружений**

Мониторинг строящихся зданий и сооружений		Мониторинг существующих зданий и сооружений	
Геотехнический мониторинг	Мониторинг несущих конструкций	Мониторинг устройства фасадных систем	

Выделяются такие виды мониторинга зданий и сооружений: геотехнический, геодезический, мониторинг несущих конструкций, а также мониторинг устройства фасадных систем.

В результате проведения каждого этапа мониторинга должна быть получена информация, достаточная для подготовки обоснованного заключения о текущем состоянии здания или сооружения и выдачи краткосрочного прогноза о его состоянии на ближайший период [2, С. 48].

Приоритетная задача мониторинга – это несущие конструкции, потому как анализ несущих конструкций на протяжении определенного времени позволяют обеспечить гарантированную безопасность и надежность эксплуатации [3, С. 588].

Актуальной задачей является подробное изучение и структуризация в одном документе нормативной документации.

В настоящей работе рассматриваются проблемы проектирования систем мониторинга уникальных зданий, а также собрана вся информация по проектированию.

Объект исследования: мониторинг несущих конструкций уникальных зданий.

Предмет исследования: системы наблюдения и методы измерения деформаций несущих конструкций уникальных зданий при их мониторинге.

Гипотеза: если систематизировать и дополнить нормативную документацию для систем мониторинга зданий в целом, то затраты на создание этих систем уменьшатся.

Система геотехнического мониторинга включает в себя:

- мониторинг подземных вод (измерения уровней, температуры, определение химического состава, режим водоотлива и дренажа);
- наблюдение за вертикальными и горизонтальными перемещениями массивов грунта, вызванных опасными геологическими процессами;
- мониторинг напряженно-деформированного состояния грунтового массива в месте контакта фундамента с основанием;
- наблюдения за возводимыми зданиями и сооружениями (осадки зданий, напряжения в основании, крены, колебания зданий, регулярные визуальные обследования поверхностей фасадов и несущих конструкций, трещины);
- наблюдения за внешними воздействиями на объект (ветровые нагрузки, вибрационные и сейсмические воздействия, температура воздуха, атмосферное давление, атмосферные осадки) [4, С. 20].

Основные проблемы при проектировании систем мониторинга:

- Первой проблемой при создании систем мониторинга является ее уникальность и инновационность, так как до этого в стране никто их не проектировал;
- Второй проблемой при создании систем мониторинга являются осложнения, которые появляются при мониторинге строящегося здания, так как многие стандартные методы мониторинга могут не подходить для мониторинга в период строительства уникальных зданий, а также могут быть недостаточными из-за некачественного проектирования системы;
- Третьей проблемой при создании систем мониторинга являются осложнения, которые вызваны отсутствием таких систем в зданиях, где проводится реконструкция;
- Четвертой проблемой при создании систем мониторинга являются осложнения, которые вызваны при проектировании геодезического мониторинга строящегося, а также реконструкции исторической важности зданий.

Задачи исследования

- Проанализировать всю имеющуюся информацию, а также мировой и российский опыт проектирования систем мониторинга, внедрение и анализ полученных данных;

- Систематизировать нормативные документы по строительному мониторингу;
- Создать шаблон системы и рекомендаций проектирования систем мониторинга;
- Рассмотреть особенности и выполнить пример численного моделирования здания для системы мониторинга.

Цель: систематизировать и улучшить нормативные требования к системе мониторинга зданий.

Основные нормативные документы по мониторингу:

- СП 22.13330 – контролируемые параметры, категории геотехнической сложности, состав работ по геотехническому мониторингу, объемы, периодичность, сроки и методы геотехнического мониторинга, в т.ч. для окружающей застройки [5, С. 160];
- По СП 305.1325800 – количество и расположение датчиков устанавливается, виды датчиков регистрации данных для каждого контролируемого параметра, количество измерительных точек для контроля усилий в анкерных креплениях [6, С. 20];
- СП 126.13330 – Рекомендуемая частота проведения наблюдений за каждым видом деформаций, перемещения горизонтальные и вертикальные здания прописаны [7, С. 60].

Для обеспечения работоспособности система мониторинга должна состоять из следующих основных частей:

1. Система датчиков на элементах конструкции
2. Система сбора и архивирования данных с датчиков
3. Система для диспетчерского наблюдения за показаниями групп датчиков
4. Система принятия управленческих решений
5. Интерактивная расчетная схема для назначения критериев «тревожного» и «аварийного» состояния

При создании системы мониторинга необходимо руководствоваться следующими правилами:

- критерии состояния конструкций недопустимо назначать, только исходя из предельного состояния этих элементов по нормам;
- для обеспечения работоспособности системы мониторинга необходимо введение понятия «прогнозируемое значение параметра»;
- в качестве тревожного сигнала необходимо рассматривать существенное отклонение от прогнозируемого параметра.

Чтобы анализировать данные с расчетной модели, необходимо следить за контролируемыми параметрами, которые показаны в таблице 2.

Таблица 2.

**Критерии нахождения в областях «светофора»**

Тип Фундамента	Контролируемые параметры			
	Максимальная или средняя осадка	Неравномерность осадок	Расчетное сопротивление грунта	Несущая способность сваи
Ленточный	+	+	+	
Плитный или оболочечный	+	+		
Свайный КСПФ	+	+		+

Контролируемые параметры в численном виде для фундаментов показаны в таблице 3.

Таблица 3.

**Численные критерии нахождения в областях «светофора»  
для фундамента**

Сооружения		Предельные деформации основания фундаментов	
1 Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом:	Относительная разность осадок ( $\Delta s/L$ ) <sub>и</sub>	Крен $i_u$	Максимальная $S_u \max$ или средняя осадка, $S$ , см
железобетонным	0,002	-	10
то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции	0,003	-	15
стальным	0,004	-	15
то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий	0,005	-	18

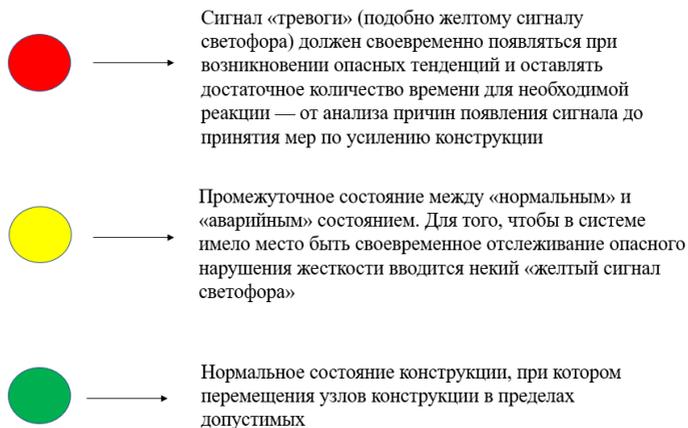
Контролируемые параметры в численном виде для перекрытий показаны в таблице 4.

Таблица 4.

**Численные критерии нахождения в областях «светофора»  
для перекрытий**

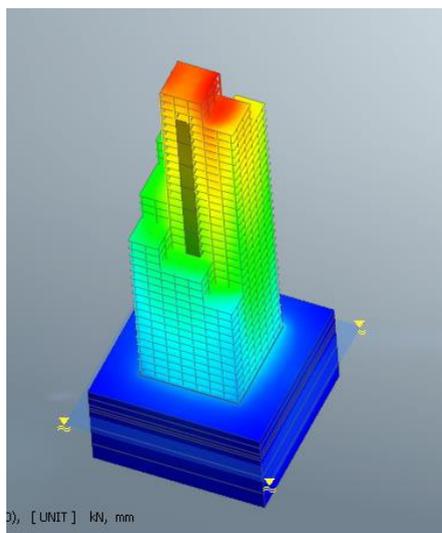
Элементы конструкций	Предъявляемые требования	Вертикальные предельные прогибы $f_u$	Нагрузки для определения вертикальных прогибов	
2 Балки, фермы, ригели, прогоны, плиты, настилы (включая поперечные ребра плит и настилов):	Эстетико-психологические		Постоянные и длительные, а также нагрузки, указанные в таблице 8.3, с понижающим коэффициентом, равным 0,35, и снеговые нагрузки с понижающим коэффициентом, равным 0,5	
а) покрытий и перекрытий, открытых для обзора, при пролете $l$ , м:				
$l \leq 1$				1/120
$l = 3$				1/150
$l = 6$		1/200		

Для анализа реакции конструкций модели объекта необходимо руководствоваться критериями «светофора», которые показаны на рисунке 1.



**Рисунок 1. Степень возможности работы конструкции объекта при моделировании**

Пример численного моделирования для системы мониторинга. Расчет ведется с полной нагрузкой.



**Рисунок 2. Расчетная модель объекта в 3D постановке**

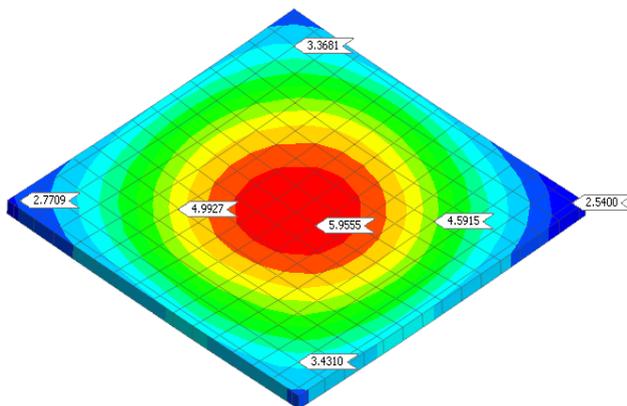
Параметры системы мониторинга показаны на рисунке 3.



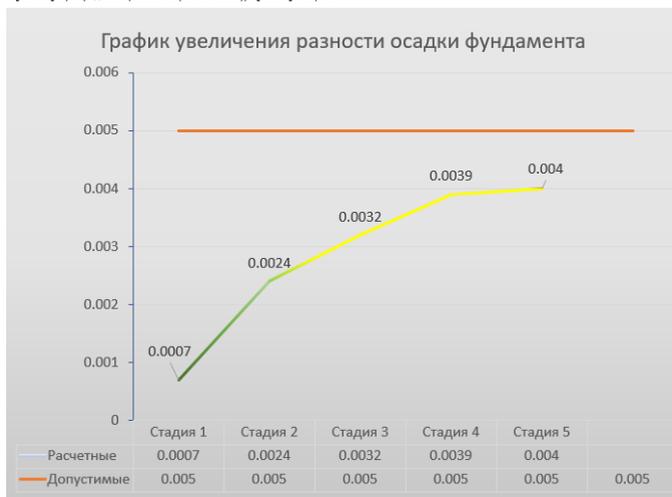
**Рисунок 3. Параметры системы мониторинга**

Анализ численной модели объекта.

Стержневые экстензометры СКГМ для напряжений в сваях, а также струнные датчики давления между основанием и подошвой фундамента. Значения осадок не превышают нормы.

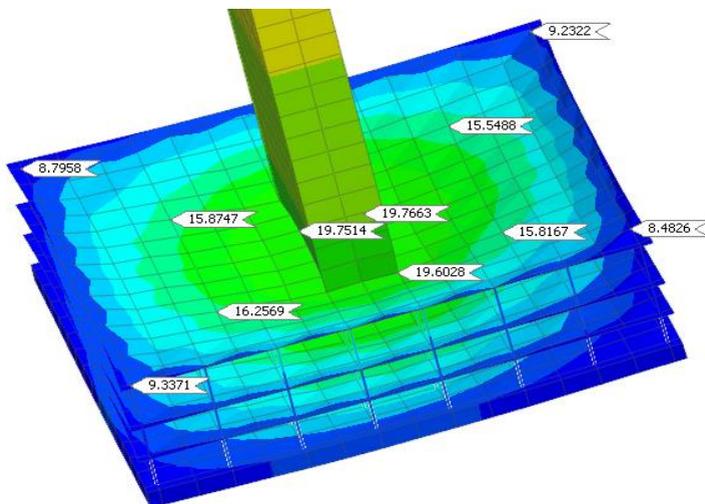


[DATA] 1, Фундамент, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

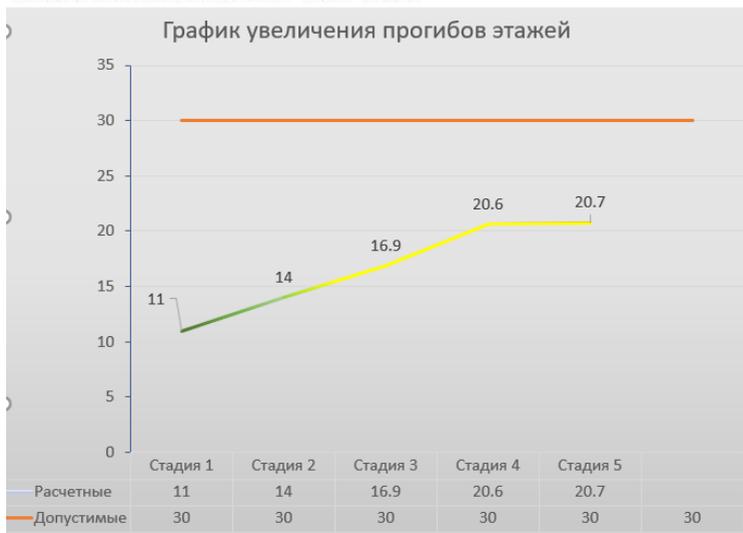


**Рисунок 4. Первый этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.

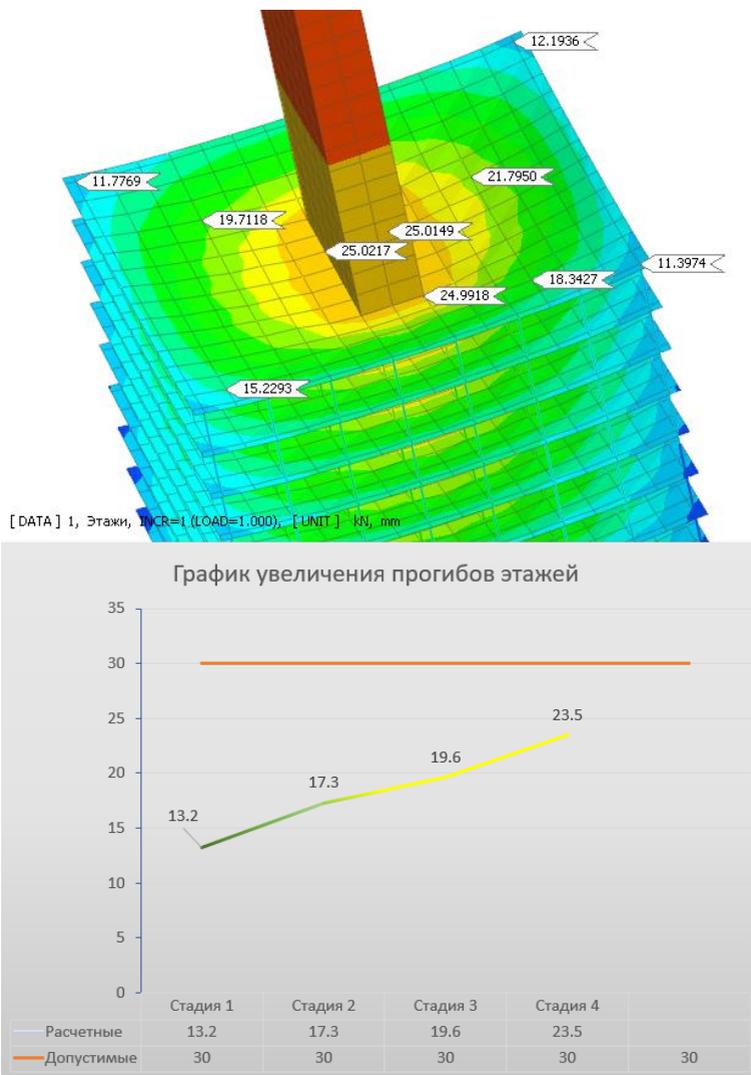


[DATA] 1, Этажи, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] кН, мм



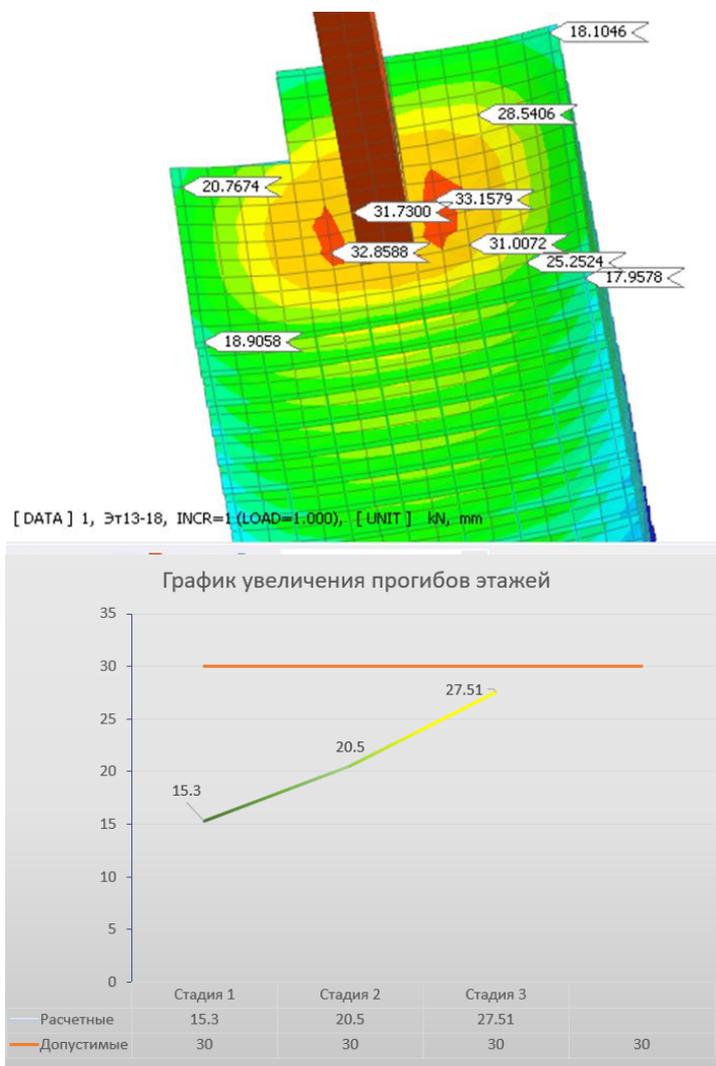
**Рисунок 5. Второй этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



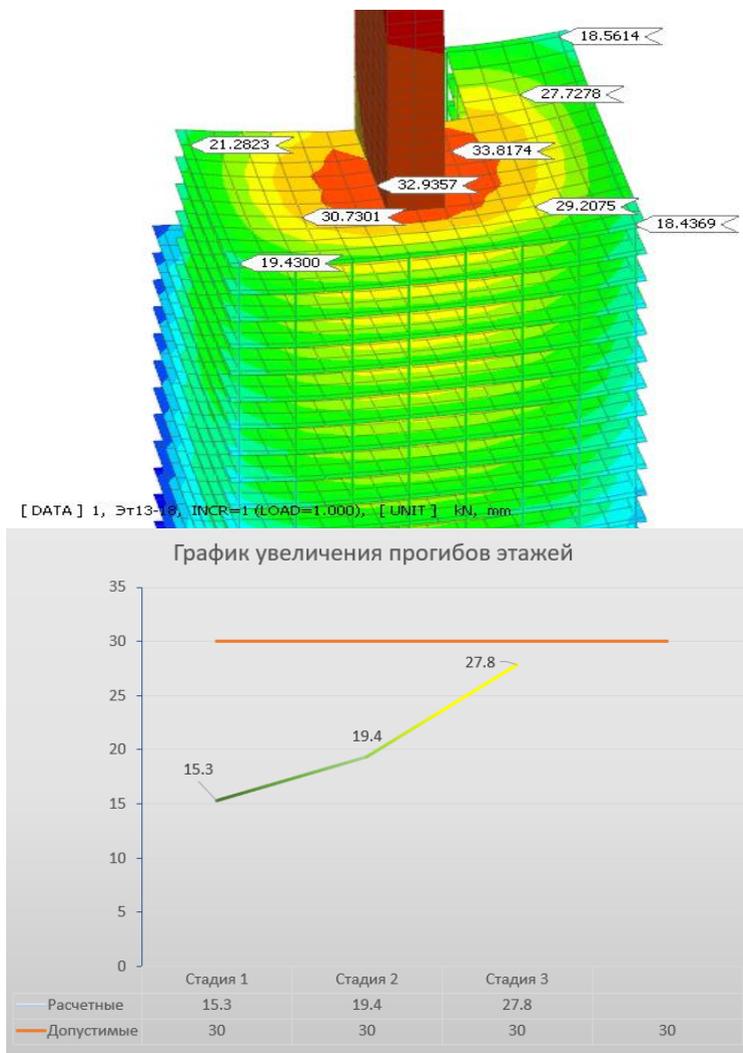
**Рисунок 6. Третий этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



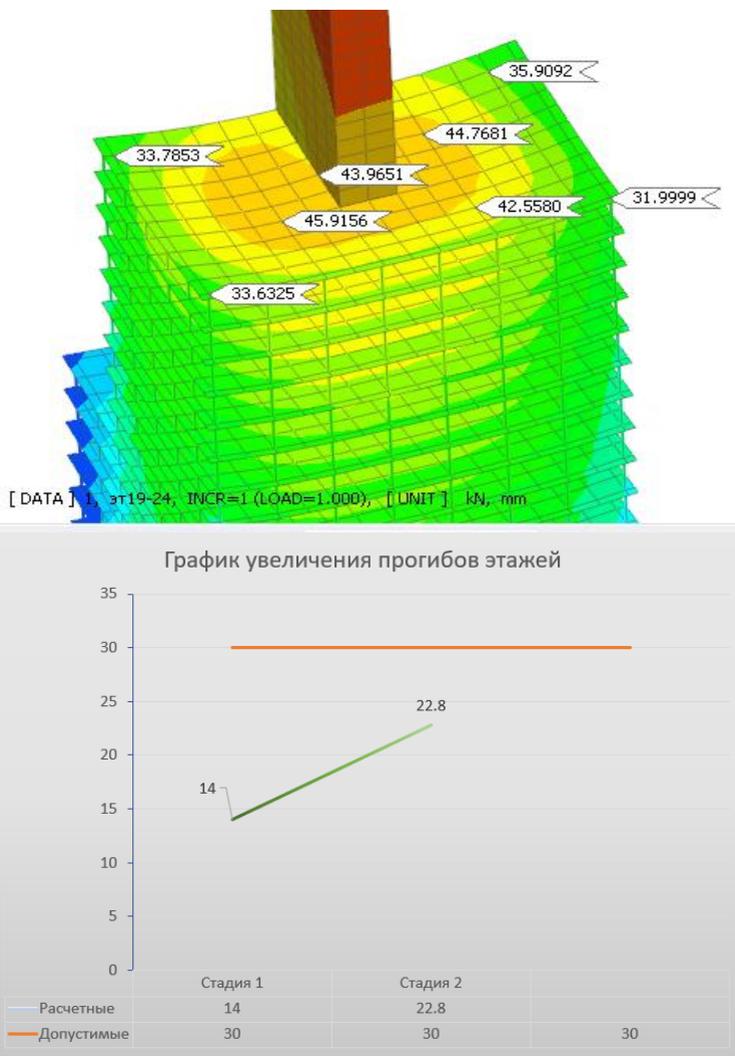
**Рисунок 7. Четвертый этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



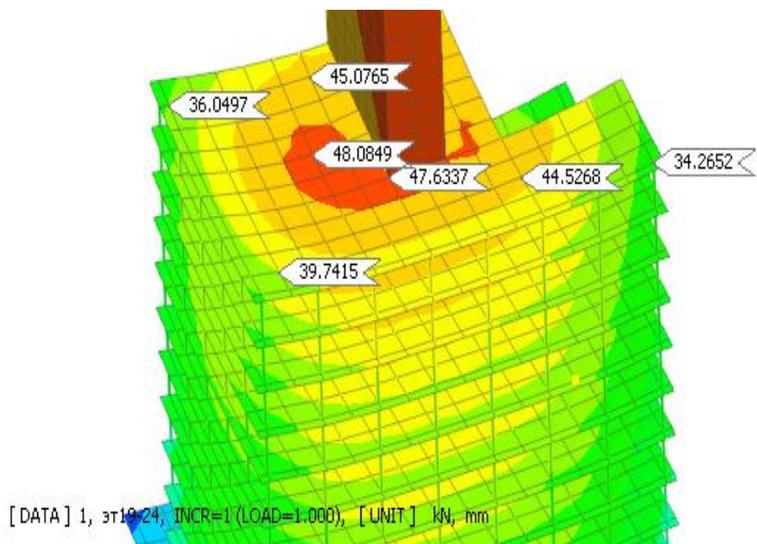
**Рисунок 8. Пятый этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



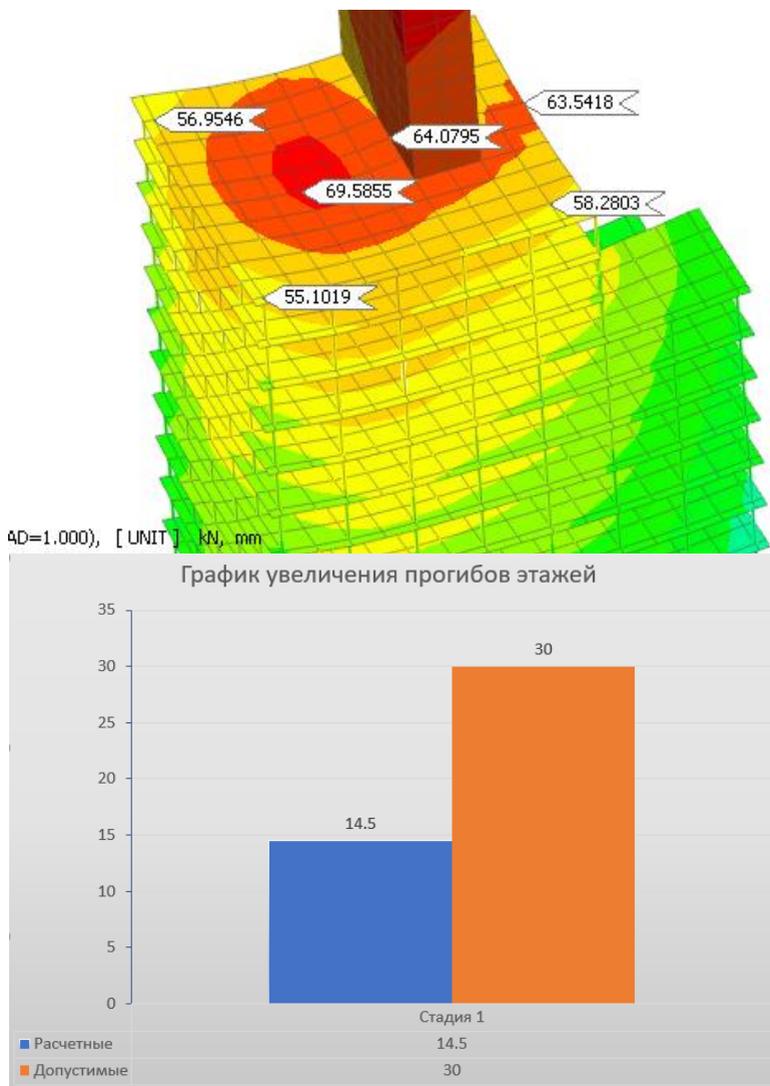
**Рисунок 9. Шестой этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



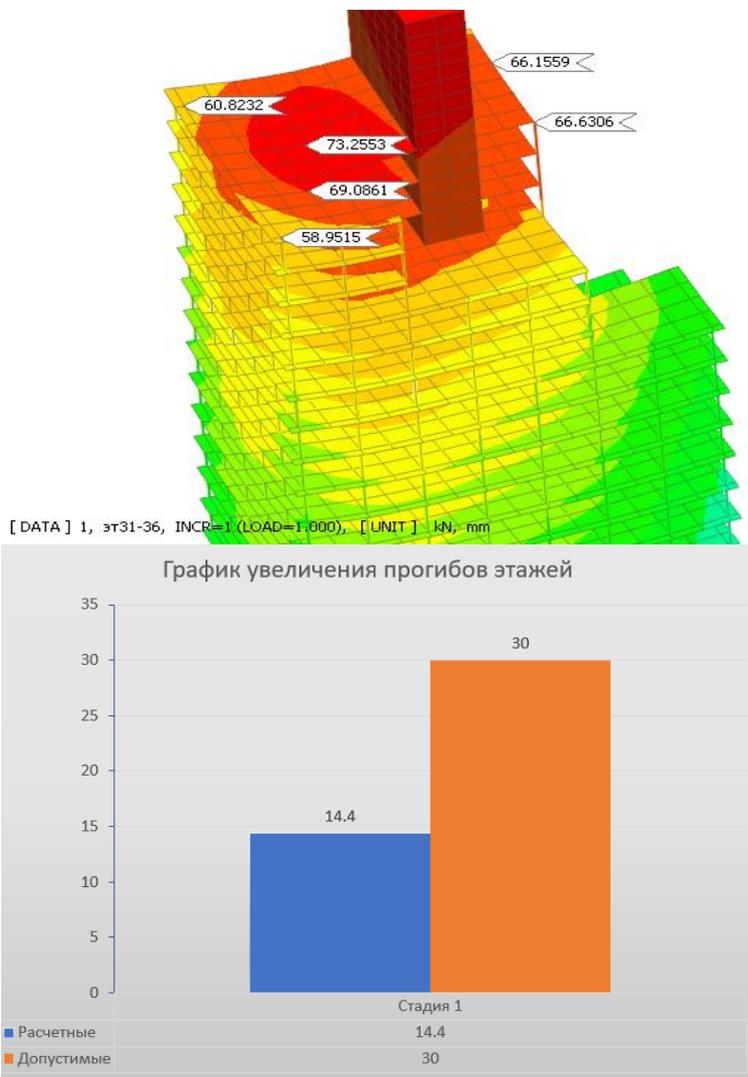
**Рисунок 10. Седьмой этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



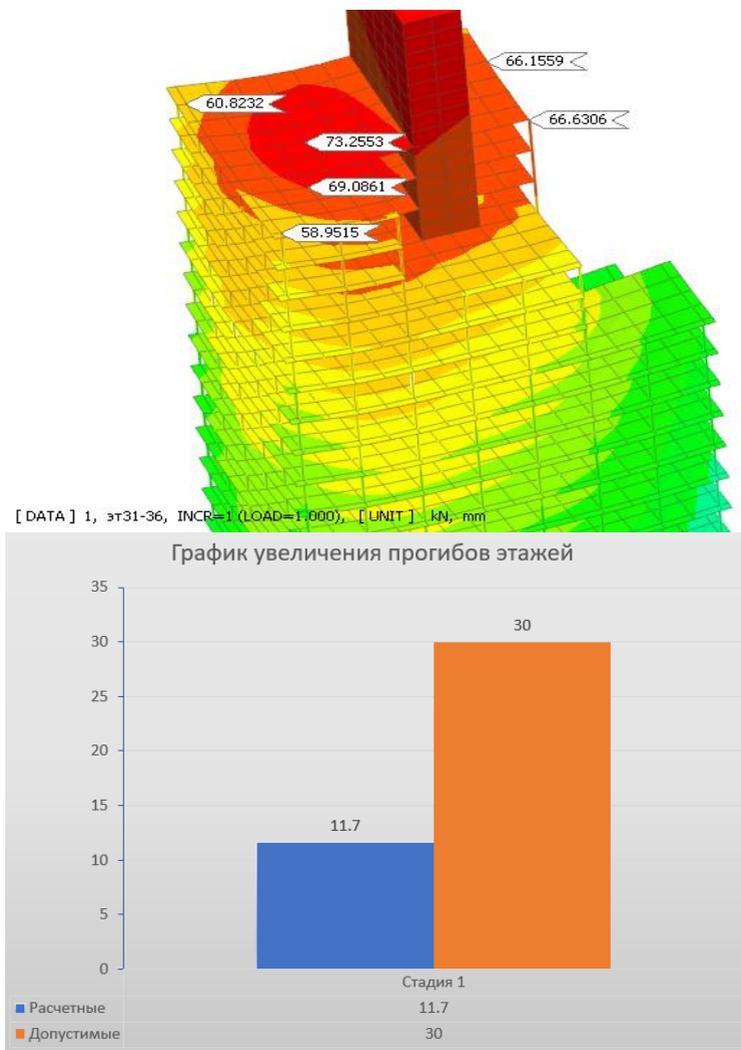
**Рисунок 11. Восьмой этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



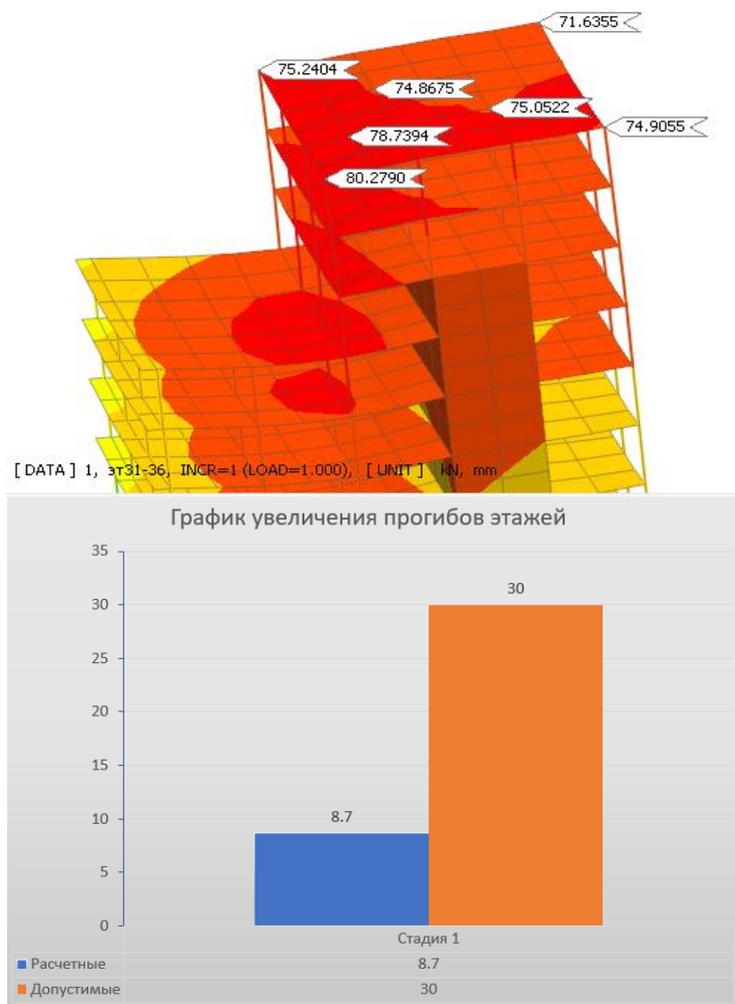
**Рисунок 12. Девятый этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



**Рисунок 13. Десятый этап**

Фиксация значений прогибов плиты покрытия выполняется с помощью геодезических приборов. Значения прогибов не превышают нормы.



**Рисунок 14. Одиннадцатый этап**

### Выводы

В рамках выполненной работы представлена программа мониторинга, учитывающая вероятные различные сценарии развития событий при мониторинге объекта.

### **Список литературы:**

1. Дочкин. А.С. Современные тенденции проектирования и строительства уникальных зданий и сооружений / А.С. Дочкин // Агентство международных исследований. Часть 2. – г. Стерлитамак, 2017.
2. Константинов, Ю.А. Мониторинг технического состояния зданий и сооружений / Ю.А. Константинов, И.Е. Синельникова // Вестник Науки и Творчества. – г. Майкоп, 2018. № 2.
3. Крышов, С.И. Проблемы мониторинга ограждающих конструкций зданий на стадии возведения / С.И. Крышов, Е.В. Аленичева, М.Г. Карина // Academia. Архитектура и строительство. – г. Москва, 2010. № 3.
4. Квартальнов С.В. Геотехнический мониторинг зданий и сооружений / С.В. Квартальнов, Макулов В.В // European science. – г. Самара, 2017.
5. СП 22.13330. – 2016.
6. СП 305.1325800. – 2017.
7. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84.

## 1.4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

### ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ СКВАЖИНЫ ПУТЕМ ФОРСИРОВАННОГО ОТБОРА УСТАНОВКАМИ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

*Вахитов Артур Маратович*

*магистрант,  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет,  
РФ, г. Уфа*

### FEATURES OF WELL DEVELOPMENT BY FORCED SELECTION OF ELECTRIC CENTRIFUGAL PUMP INSTALLATIONS

*Artur Vakhitov*

*Undergraduate student,  
Ufa state petroleum technological university,  
Russia, Ufa*

**Аннотация.** В настоящее время в нефтедобывающей промышленности отсутствует единая методика выбора способа освоения скважины. Главным фактором при выборе методики освоения скважины остается объем информации, при недостатке которой, приоритетным способом освоения является метод форсированного отбора жидкости. Однако, повсеместное применение данного способа не является рациональным и экономически обоснованным. В статье отмечены особенности освоения скважины путем форсированного отбора, а также выделены границы применимости данного способа.

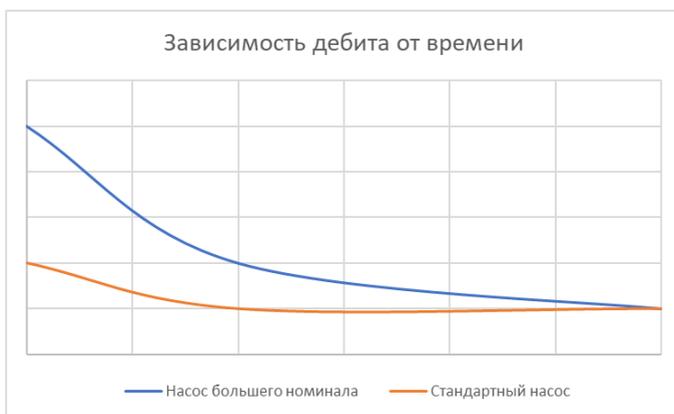
**Abstract.** Currently, there is no unified methodology for selecting a method of well development in the oil industry. The main factor in selecting a method of well development is the amount of information, with a lack of which, the priority method of development is the method of forced fluid withdrawal. However, the widespread use of this method is not rational and economically justified. In the article the peculiarities of well development by forced withdrawal are noted, as well as the limits of applicability of this method are highlighted.

**Ключевые слова:** форсированный отбор, установки электроцентробежных насосов, рациональный отбор.

**Keywords:** forced withdrawal, electric centrifugal pump installations, rational withdrawal.

На сегодняшний день можно выделить два основных подхода к разработке нефтяных залежей – это форсированный отбор и рациональный отбор. Основным вопросом при выборе способа разработки нефтяных залежей является информация об эксплуатации каждой скважины. Для проектирования форсированного отбора существует, как методика и уравнения разработки нефтяной залежи, так и экономические критерии, определяющие рациональность. Однако, с учетом этой информации, проблема форсированного отбора полностью не изучена. В условиях неполной информации об эксплуатации скважин, большинство нефтяных компаний пренебрегают рациональным способом и повсеместно применяют форсированный отбор.

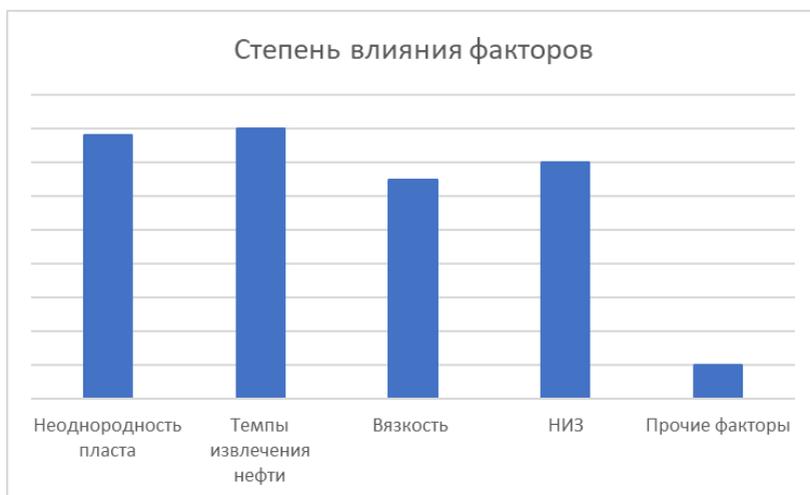
Выбор правильного способа отбора жидкости – это один из главных аспектов при способе освоения скважины. Принцип работы форсированного отбора жидкости заключается в создании дополнительного притока жидкости из пласта. Для этого могут применяться различные технологии, к примеру использование насоса большего объема вначале эксплуатации скважины. В работе Мусабилова Т.Р для достижения целевого значения забойного давления в период неустановившегося режима используется не базовый насос, а насос большего номинала. Данный факт, обеспечивает более высокие темпы отбора в сравнение с базовым насосом [1].



**Рисунок 1. Графическое представление разницы стандартного и насоса большего номинала**

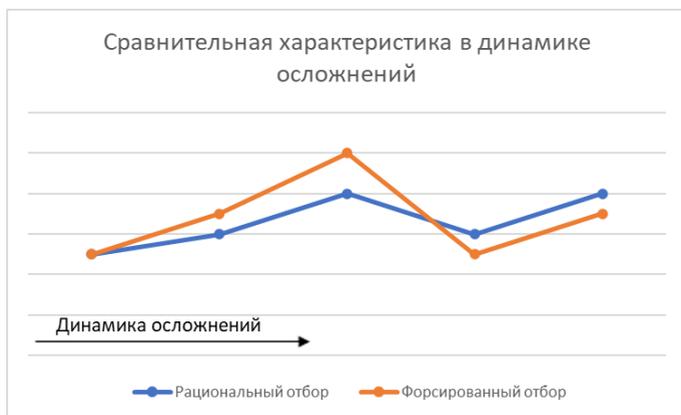
Из рисунка видно, что использование стандартного насоса не позволяет наиболее эффективно использовать потенциал неустановившегося режима и обеспечить максимально возможное количество дополнительной добычи нефти.

При рассмотрении вопроса, касающегося форсированного отбора жидкости необходимо сравнить различные варианты разработки с нефтью различной вязкости. Данные варианты различаются динамикой увеличения отбора жидкости при постоянном рациональном максимальном забойном давлении нагнетательных скважин и рациональном минимальном забойном давлении добывающих скважин. Основные факторы, влияющие на способ освоения скважины представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2. Графическое представление степени влияния факторов на способ освоения скважины**

При эксплуатации скважины с нефтью средней, повышенной и высокой вязкости проектируется форсирование отбора жидкости. В дальнейшем при их разработке обязательно надо осуществлять запроектированное форсирование. Форсированный отбор жидкости должен быть в рамках рационального варианта разработки нефтяной залежи. Из результатов анализа видно, что форсирование отбора жидкости приводит к существенным потерям в перспективе добычи нефти.



**Рисунок 3. Сравнение рационального и форсированного отбора  
в динамике увеличения осложнений**

В терминологии форсированный отбор жидкости является методом увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов, осуществляемая за счет увеличения градиента давления в прискважинной зоне пласта [2]. Исходя из данного определения еще одним из способов форсирования отбора является максимальное снижение забойного давления, путем глубокого заглупления насоса. Ограничением данного способа является экономическая целесообразность, образуемая за счет затрат на нефтепогружные трубы. В отдельных случаях, данный способ может реализовываться, однако зачастую глубинно-насосно оборудование работает уже на грани срыва подачи.

В связи с этим, можно сделать вывод о том, что форсированный отбор является эффективным и перспективным методом в нефтедобывающей отрасли, который при правильном применении позволит увеличить добычу нефти, а также сократить экономические издержки. В работе было выделено, что внедрение данного метода – это комплексная работа, однако влияние вязкости нефти является первоочередным.

### Список литературы:

1. Мусабилов, Тимур Равилевич. Численно-аналитические методы моделирования и проектирования систем разработки низкопроницаемых пластов : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 25.00.17 / Мусабилов Тимур Равилевич; [Место защиты: Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т].- Уфа, 2012.- 21 с.: ил. РГБ ОД, 9 12-1/3548
2. Овнатанов С.Т., Карапетов К.А. Форсированный отбор жидкости. – М.: Недра, 1967. – 132 с.

## **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **РАЗДЕЛ 2.**

### **МАТЕМАТИКА**

#### **2.1. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА**

##### **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ КАНТЕЛЛИ ДЛЯ ТАБЛИЧНЫХ ФУНКЦИИ**

***Иванченко Владислав Александрович***

*студент,*

*Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,  
Беларусь, г. Минск*

***Якуба Владислав Витальевич***

*студент,*

*Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,  
Беларусь, г. Минск*

***Баженова Ирина Владимировна***

*научный руководитель,*

*канд. физ.-мат. наук, доц.,*

*Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,  
Беларусь, г. Минск*

## KANTELLI'S PROBLEM SOLUTION FOR TABULAR FUNCTIONS

**Vladislav Ivanchenko**

*Student,  
Belorussian state university  
informatics and radioelectronics,  
Belarus, Minsk*

**Vladislav Yakuba**

*Student,  
Belorussian state university  
informatics and radioelectronics,  
Belarus, Minsk*

**Irina Bazhenova**

*Scientific director, Ph.D.  
phys.-math. sciences, associate professor,  
Belorussian state university  
informatics and radioelectronics,  
Belarus, Minsk*

**Аннотация.** Теория вероятностей является чрезвычайно важным разделом не только математики, но и важным математическим аппаратом в радиотехнике, связи, ядерной, квантовой и молекулярной физике, метрологии и многих других дисциплинах. В данной статье показаны результаты решения проблемы Кантелли для табличных функции, с использованием программирования на языке C++. В результате решения было выявлено подтверждение гипотезы для табличных функции.

**Abstract.** Probability theory is an extremely important section not only of mathematics, but also an important mathematical apparatus in radio engineering, communications, nuclear, quantum and molecular physics, metrology and many other disciplines. This article shows the results of solving Cantelli's problem for table functions using C++ programming. As a result of the solution, confirmation of the hypothesis for tabular functions was revealed.

**Ключевые слова:** теория вероятностей, математическая статистика, высшая математика, общая физика, молекулярная физика, квантовая физика, статистическая физика, ядерная физика, физика элементарных частиц, радиотехника, связь, метрология, проблема Кантелли.

**Keywords:** probability theory, math statistics, higher mathematics, common physics, molecular physics, quantum physics, statistic physics,

nuclear physics, particle physics, radio engineering, communications, metrology, Cantelli's problem.

Проблема Кантелли является одной из открытых проблем в теории вероятностей. Сама проблема представляет из себя следующие условия: есть две случайные независимые друг от друга величины  $X$  и  $Y$ , они подчиняются нормальному распределению  $N(0;1)$ ,  $f(x)$  является измеримой неотрицательной функцией, а выражение  $X+f(X)*Y$  тоже имеет нормальное распределение. Является ли функция почти всюду однозначной? [1]

В статье представлен вариант решения этой проблемы, написанный соавторами на языке C++. Блок-схема решения для одной функции показана на рисунке 1. Так как функции должны быть измеримыми и неотрицательными, то не все табличные функции подходят для такого исследования. В данной статье рассматриваются следующие функции:  $x^2$ ,  $2^x$ ,  $\log_2(x)$ ,  $\ln(x)$ ,  $e^x$ ,  $|x|$ ,  $x!$ ,  $\sqrt{x}$ .

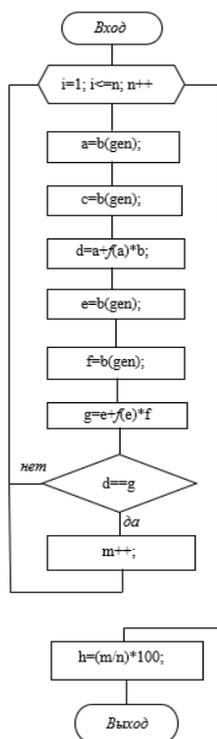


Рисунок 1. Блок-схема цикла для нахождения решения задачи

Сама программа выглядит так:

```
#include <iostream>
#include <math.h>
#include <ctype.h>
#include <random>
#include <complex>
#include <conio.h>
using namespace std;
int factorial(int cc) {
    if (cc < 2) return 1;
    return cc * factorial(cc - 1); //Вычисление факториала для функ-
ции x!
}
int main() {
    long double a, b, c, f, g, h, i, n = 0, j, k, l, m, r, t, o, p, q = 0, w, s, u,
y, x, z, aa, ab, ac = 0, ad, ae, af, an = 0, ao, ap, aq, ar, as, at, au, av = 0, aw,
ax, ay, az, ba, bb, bc, bd, be, bf = 0, bg, bh, bi, bj, bk, bl, bm, bo, bp, bq=0,
br, bs, bt, bw, bz=0, ca=0, cb;
    complex <long double> am, al;
    long          double          const          E          =
2.71828182845904523536028747135266249775724709369995957496696
7627724076630353547594571382178525166427427466391932003059921
8174135966290435729003342952605956307381323286279434907632338
2988075319525101901157383418793070215408914993488416750924476
1460668082264800168477411853742345442437107539077744992069551
7027618386062613313845830007520449338265602976067371132007093
2870912744374704723069697720931014169283681902551510865746377
2111252389784425056953696770785449969967946864454905987931636
8892300987931277361782154249992295763514822082698951936680331
8252886939849646510582093923982948879332036250944311730123819
7068416140397019837679320683282376464804295311802328782509819
4558153017567173613320698112509961818815930416903515988885193
4580727386673858942287922849989208680582574927961048419844436
3463244968487560233624827041978623209002160990235304369941849
1463140934317381436405462531520961836908887070167683964243781
4059271456354906130310720851038375051011574770417189861068739
69655212671546889570350354; //Первые 1000 знаков числа Эйлера
    int bu, bv, bx, by;
    for (h = 1; h <= 1000; h++) { //Проводящий опыт, цикл, где число
в неравенстве – количество итерации
        random_device rd;
```

```
mt19937 gen(rd());
normal_distribution<>d(0.0, 1.0);
long double a = d(gen);
long double b = d(gen); //Генерация случайных величин
c = a + pow(a, 2) * b; //a+f(a)*b
normal_distribution<>c(0.0, 1.0);
long double f = d(gen);
long double g = d(gen);
i = f + pow(f, 2) * g;
normal_distribution<>i(0.0, 1.0);
if (c == i)n++; //Проверка на однозначность в данном
опыте
}
j = (n / h) * 100; //Доля события, где функция однозначна
cout << "x^2 is unambiguous on – " << j << "%" << endl; //Вывод
результатов
for (k = 1; k <= 1000; k++) {
    random_device pp;
    mt19937 gen(pp());
    normal_distribution<>d(0.0, 1.0);
    long double l = d(gen);
    long double m = d(gen);
    r = l + fabs(l) * m;
    normal_distribution<>r(0.0, 1.0);
    long double t = d(gen);
    long double o = d(gen);
    p = t + fabs(t) * o;
    normal_distribution<>p(0.0, 1.0);
    if (r == p)q++;
}
w = (q / k) * 100;
cout << "|x| is unambiguous on – " << w << "%" << endl;
for (s = 1; s <= 1000; s++) {
    random_device ut;
    mt19937 gen(ut());
    normal_distribution<>d(0.0, 1.0);
    long double u = d(gen);
    long double y = d(gen);
    aa = u + pow(E, u) * y;
    normal_distribution<>aa(0.0, 1.0);
    long double x = d(gen);
```

```

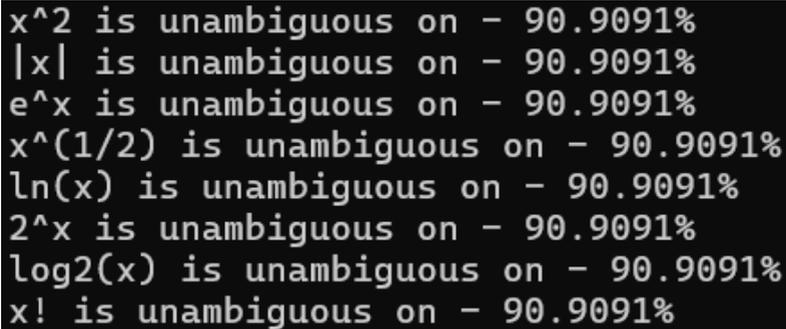
        long double z = d(gen);
        ab = x + pow(E, x) * z;
        normal_distribution<>ab(0.0, 1.0);
        if (aa == ab)ac++;
    }
    ad = (ac / s) * 100;
    cout << "e^x is unambiguous on - " << ad << "%" << endl;
    for (ae = 1; ae <= 1000; ae++) {
        random_device af;
        mt19937 gen(af());
        normal_distribution<>d(0.0, 1.0);
        complex <long double> ag = d(gen);
        complex <long double> ai = d(gen);
        am = ag + sqrt(ag) * ai;
        normal_distribution<>am(0.0, 1.0);
        complex <long double> aj = d(gen);
        complex <long double> ak = d(gen);
        al = aj + sqrt(aj) * ak;
        normal_distribution<>al(0.0, 1.0);
        if (al == am)an++;
    }
    ao = (an / ae) * 100;
    cout << "x^(1/2) is unambiguous on - " << ao << "%" << endl;
    for (j = 1; j <= 1000; j++) {
        random_device k;
        mt19937 gen(k());
        normal_distribution<>d(0.0, 1.0);
        long double ap = d(gen);
        long double aq = d(gen);
        ar = ap + log(ap) * aq;
        normal_distribution<>ar(0.0, 1.0);
        long double as = d(gen);
        long double at = d(gen);
        au = as + log(as) * at;
        normal_distribution<>au(0.0, 1.0);
        if (ar == au)av++;
    }
    aw = (av / j) * 100;
    cout << "ln(x) is unambiguous on - " << aw << "%" << endl;
    for (ax = 1; ax <= 1000; ax++) {
        random_device ay;

```

```
mt19937 gen(ay());
normal_distribution<>d(0.0, 1.0);
long double az = d(gen);
long double ba = d(gen);
bb = az + pow(2, ba) * ba;
normal_distribution<>bb(0.0, 1.0);
long double bc = d(gen);
long double bd = d(gen);
be = bc + pow(2, bc) * bd;
normal_distribution<>be(0.0, 1.0);
if (bb == be)bf++;
}
bg = (bf / ax) * 100;
cout << "2^x is unambiguous on - " << bg << "%" << endl;
for (bh = 1; bh <= 1000; bh++) {
    random_device bi;
    mt19937 gen(bi());
    normal_distribution<>d(0.0, 1.0);
    long double bj = d(gen);
    long double bk = d(gen);
    bl = bj + (log(bj)/log(2)) * bk;
    normal_distribution<>bl(0.0, 1.0);
    long double bm = d(gen);
    long double bo = d(gen);
    bp = bm + (log(bm)/log(2)) * bo;
    normal_distribution<>bp(0.0, 1.0);
    if (bl == bp)bq++;
}
br = (bq / bh) * 100;
cout << "log2(x) is unambiguous on - " << br << "%" << endl;
for (bs = 1; bs <= 1000; bs++) {
    random_device bt;
    mt19937 gen(bt());
    normal_distribution<>d(0.0, 1.0);
    int bu = d(gen);
    int bv = d(gen);
    bw = bu + factorial(bu) * bv;
    normal_distribution<>bw(0.0, 1.0);
    int bx = d(gen);
    int by = d(gen);
    bz = bx + factorial(bx) * by;
```

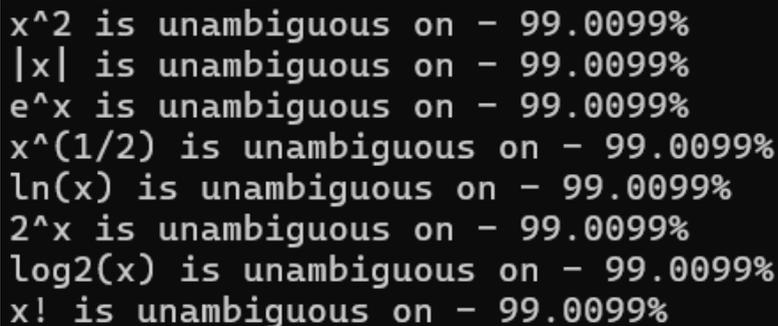
```
normal_distribution<>bz(0.0, 1.0);  
if (bw == bz)ca++;  
}  
cb = (ca / bs) * 100;  
cout << "x! is unambiguous on - " << cb << "% " << endl;  
return 0;  
}
```

Результаты работы программы представлены на рисунках 2 – 5:



```
x^2 is unambiguous on - 90.9091%  
|x| is unambiguous on - 90.9091%  
e^x is unambiguous on - 90.9091%  
x^(1/2) is unambiguous on - 90.9091%  
ln(x) is unambiguous on - 90.9091%  
2^x is unambiguous on - 90.9091%  
log2(x) is unambiguous on - 90.9091%  
x! is unambiguous on - 90.9091%
```

*Рисунок 2. Результаты работы программы при 10 итерациях*



```
x^2 is unambiguous on - 99.0099%  
|x| is unambiguous on - 99.0099%  
e^x is unambiguous on - 99.0099%  
x^(1/2) is unambiguous on - 99.0099%  
ln(x) is unambiguous on - 99.0099%  
2^x is unambiguous on - 99.0099%  
log2(x) is unambiguous on - 99.0099%  
x! is unambiguous on - 99.0099%
```

*Рисунок 3. Результаты работы программы при 100 итерациях*

```
x^2 is unambiguous on - 99.9001%
|x| is unambiguous on - 99.9001%
e^x is unambiguous on - 99.9001%
x^(1/2) is unambiguous on - 99.9001%
ln(x) is unambiguous on - 99.9001%
2^x is unambiguous on - 99.9001%
log2(x) is unambiguous on - 99.9001%
x! is unambiguous on - 99.9001%
```

*Рисунок 4. Результаты работы программы при 1000 итерациях*

```
x^2 is unambiguous on - 99.99%
|x| is unambiguous on - 99.99%
e^x is unambiguous on - 99.99%
x^(1/2) is unambiguous on - 99.99%
ln(x) is unambiguous on - 99.99%
2^x is unambiguous on - 99.99%
log2(x) is unambiguous on - 99.99%
x! is unambiguous on - 99.99%
```

*Рисунок 5. Результаты работы программы при 10000 итерациях*

В результате можно сказать, что, при вышеперечисленных условиях, функции, по крайней мере те, которые рассматриваются в данной статье, почти всюду однозначны. Это может использоваться в математике, статистике, физике и других дисциплинах как математический аппарат.

#### **Список литературы:**

1. Дороговцев, А.Я. Математика сегодня / А.Я. Дороговцев. – Киев. : Вища школа, 1983. – 192с.

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам LXXIII международной  
научно-практической конференции*

№ 5 (73)  
Май 2024 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 06.05.24. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 3,75. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»  
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74  
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru