

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



52
ЧАСТЬ I
2025

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 52 (603) / 2025

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хуснурин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)

Алиева Таира Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Искаков Руслан Марагбекович, кандидат технических наук (Казахстан)

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максутович, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюоань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Диляшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображен *Василий Александрович Сухомлинский* (1918–1970), советский педагог-новатор, детский писатель.

Родился будущий Василий Александрович в селе Вasilевка (ныне Кировоградская область) в бедной крестьянской семье. Здесь прошли его детство и юность. Отец Василия Александровича — Александр Сухомлинский — до Октябрьской революции работал по найму как плотник и столяр в помещичьих хозяйствах («экономиях»), и сделано — в крестьянских хозяйствах. Его мать, Оксана Авдеевна, была домашней хозяйствой, выполняла мелкую портняжную работу, трудилась в колхозе. Вместе с Александром Емельяновичем она воспитала, кроме Василия, еще троих детей — Ивана, Сергея и Меланию. Все они стали сельскими учителями.

После окончания школы крестьянской молодежи Василий Александрович поступил в Кременчугский медицинский техникум, а затем перевелся в Полтавский педагогический институт и успешно окончил его в 1938 году. Вернувшись в родные места, он стал преподавать украинский язык и литературу в Онукриевской средней школе.

В 1941 году Сухомлинский добровольцем ушел на фронт, где, защищая Москву, был тяжело ранен осколками снаряда и лишь чудом остался жив. Василий Александрович провел четыре месяца в госпитале; его руку удалось спасти от ампутации, но извлечь металлические осколки из груди не получилось. А поскольку они были расположены близко к сердцу, то, как предупредили хирурги, любое напряжение могло вызвать их движение и внезапную смерть. После лечения в госпитале на Урале Сухомлинский хотел вернуться на фронт, однако комиссия не могла его признать даже ограниченно годным. В результате его демобилизовали.

В начале 1944 года в ходе Кировоградской наступательной операции Украинская ССР была освобождена от нацистов, и Сухомлинский узнал, что его жену Веру (выпускницу Кременчугского учительского института и преподавателя английского языка, наполовину украинку, наполовину цыганку) и маленького сына замучили в гестапо. Эту утрату он переживал до конца жизни.

С сентября 1942 по март 1944 года Сухомлинский работал директором и учителем литературы в Увинской средней школе Удмуртской АССР. Тогда он и познакомился с педагогом Анной Девятовой, приехавшей с инспекцией. Директор показался Анне «необыкновенно теплым, симпатичным человеком». Между Сухомлинским и Девятовой завязалась переписка. В конце войны Сухомлинский сделал Анне предложение, они поженились и вместе вернулись на Украину. Сухомлинский получил назначение заведующим районным отделом образования Онукриевского района Кировоградской области,

Анна стала работать учителем в школе. Согласно ее воспоминаниям, жила семья тогда впроголодь. Родились дети — сын Сергей и дочь Ольга.

В 1948 году Сухомлинский стал директором Павловской средней школы, которой бессменно руководил до конца своей жизни. Дочь Сухомлинского — доктор педагогических наук, профессор Ольга Васильевна Сухомлинская — пошла по стопам отца, работала в Национальной академии педагогических наук Украины.

Василий Александрович является автором сорока монографий и брошюр, более 600 статей, 1200 рассказов и сказок. Научные монографии и статьи он писал на русском языке, художественную прозу — на украинском. Общий тираж его книг на различных языках составил около четырех миллионов экземпляров.

Сухомлинский создал оригинальную педагогическую систему, основанную на принципах гуманизма, на признании личности ребенка высшей ценностью, на которую должны быть ориентированы процессы воспитания и образования, творческая деятельность сплоченного коллектива педагогов-единомышленников и учащихся.

Сухомлинский считал, что процесс обучения нужно организовать как труд, приносящий радость; большое внимание он уделял формированию мировоззрения учащихся; важная роль в обучении отводилась слову учителя, художественному стилю изложения, сочинению вместе с детьми сказок, художественных произведений, чтению книг.

Педагог разработал комплексную эстетическую программу «воспитания красотой». В условиях советской педагогики он разрабатывал гуманистические традиции отечественной и мировой педагогической мысли.

В целостном виде взгляды Сухомлинского представлены в «Этюдах о коммунистическом воспитании» и других произведениях. Сущность этики коммунистического воспитания Сухомлинского заключалась в том, что воспитатель верит в реальность, осуществимость и достижимость коммунистического идеала, измеряет свой труд критерием и меркой идеального.

Его идеи воплощены в практике многих школ. Были созданы Международная ассоциация Сухомлинского и Международное объединение исследователей Сухомлинского, педагогический музей Сухомлинского в Павловской школе.

Скончался он внезапно на 52-м году жизни 2 сентября 1970 года, в самом начале нового учебного года. На похороны пришли все педагоги и ученики Павловской средней школы.

Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Халлыдурдыев В.Ш., Байрыев Б.А., Карабаев Г.Г., Эйеков Б.П., Мамедов Н.Б., Гурбангулыев Д.Ч.	
Возмущения орбит геостационарных спутников	1

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дружинин А.А.	
Проведение сравнительного анализа конкурентных и альтернативных решений в предметной области автоматизации отправки тестовых заданий практикантам	6
Ивах А.В.	
Защита аппаратуры от несанкционированного доступа на уровне печатной платы.....	8
Манин А.Н., Горшкова А.П.	
Оценка популярности языков программирования на основе поисковых и опросных данных	10

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кобыланбаев Н.К.	
Разработка и исследование инновационных методов повышения энергоэффективности в системах ОВКВ с использованием передовых технологий искусственного интеллекта	13
Королькова О.В., Родин И.Р.	
Современные датчики дождя для автоматических ирригационных и метеорологических систем.....	17
Нарзуллаев Р.Я.	
Применение технологии строительства многоствольных и многозабойных скважин	20
Никитин И.В.	
Проектирование устройства автоматического контроля уровня жидкости в резервуаре.....	22

Поздняков Н.В., Максимов А.А.

Интеграция мультимодальных решений «последней мили» в припортовой логистике морских портов	24
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Поздняков Н.В., Максимов А.А.

Управление складскими запасами в портовой зоне при высокой волатильности внешнего спроса.....	26
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Шестаков С.Н.

Использование полимерных труб в нефтяной и газовой промышленности в Республике Казахстан.....	28
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Якушевский А.Н., Бурмистров А.А.

Повышение надежности судовых дизельных установок при эксплуатации в условиях Арктики	31
--------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Якушевский А.Н., Бурмистров А.А.

Метрологически обеспеченный протокол вибродиагностики и инфракрасной термографии для контроля технического состояния судовых систем.....	33
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Кастрюлина А.В., Индуатова М.В.

Интерьерные часы: от древности до современности	35
----------------------------------------------------------	----

Рытиков К.А.

История развития сталежелезобетонных конструкций.....	40
----------------------------------------------------------	----

Рытиков К.А.

Анализ зависимости несущей способности сталежелезобетонного перекрытия при действии динамической нагрузки от направления векторов приложения динамической нагрузки и гофр профицированного настила.....	42
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

МЕДИЦИНА

Рысбекова Г.М.

Оценка и оптимизация деятельности кабинета планирования семьи в мегаполисе....	48
-----------------------------------------------------------------------------------	----

Шеломянцева М. В.

Индекс фрагментации ДНК сперматозоидов
как показатель репродуктивного здоровья
мужчин 52

ГЕОЛОГИЯ**Зиннатуллин А. Р.**

Инженерно-геологические условия
района размещения объектов Западно-
Чатылькинского нефтяного месторождения
(Западно-Сибирская нефтегазоносная
провинция) 55

Клименко Я. И.

Совершенствование методики обработки
кривых восстановления давления
в газовых скважинах с многостадийным
гидравлическим разрывом пласта 58

Nada A. M. O. M.

Bottom hole assembly optimization for dogleg
severity management in horizontal drilling
operations 60

Фаезов Р. Р.

Оценка подземных вод палеоген-
четвертичных отложений Северо-
Комсомольского месторождения (ЯНАО) 65

ФИЗИКА

Возмущения орбит геостационарных спутников

Халлыдурдыев Везирдурды Шадурдыевич, преподаватель;
 Байрыев Бегмырат Аймырадович, преподаватель;
 Какабаев Гуванчмухаммет Гурбанмухаммедович, преподаватель;
 Эйеков Бабаджан Пенджиевич, преподаватель;
 Мамедов Новруз Батыр оглы, преподаватель;
 Гурбангулыев Дурдыгылыч Чарыгулыевич, младший преподаватель
 Туркменский государственный университет имени Махтумкули (г. Ашхабад)

В статье рассматриваются основные источники возмущений орбит геостационарных спутников: не центральность гравитационного поля Земли, лунносолнечные гравитационные воздействия и давление солнечного излучения. Приводится физическая интерпретация эффектов, строгие уравнения возмущённого движения и анализ влияния на орбитальные элементы геостационарной орбиты.

Ключевые слова: геостационарная орбита, орбитальные возмущения, J2эффект, лунносолнечные возмущения, давление солнечного излучения, station keeping.

Введение

Законы Ньютона в форме задачи двух тел справедливы только при предположении центрального гравитационного поля. Для геостационарных спутников это предположение нарушается вследствие: — неравномерного распределения массы Земли; — гравитационного воздействия Луны и Солнца; — давления солнечного излучения.

Следствием является отклонение орбиты от Кеплеровой и необходимость регулярного поддержания орбиты.

Геостационарная орбита и параметры движения

Период обращения геостационарного спутника равен периоду вращения Земли:

$$T = 2\pi / \omega_e \approx 86164 \text{ с},$$

где ω_e — угловая скорость вращения Земли.

Радиус геостационарной орбиты определяется выражением:

$$r_{GEO} = (\mu / \omega_e^2)^{(1/3)} \approx 42164 \text{ км},$$

где $\mu = GM_e$ — гравитационный параметр Земли.

При малых эксцентриситетах используются компоненты вектора эксцентриситета:

$$e_x = e \cdot \cos(\Omega + \omega)$$

$$e_y = e \cdot \sin(\Omega + \omega)$$

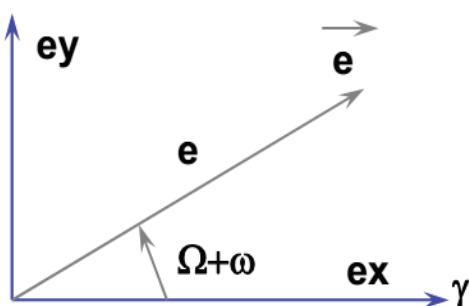


Рис. 1. Вектор эксцентриситета в плоскости (e_x, e_y) .

Возмущения гравитационного поля Земли

Нецентральность гравитационного потенциала

Гравитационный потенциал Земли с учётом сплюснутой представляется разложением:

$$U(r,\varphi) = \mu/r \cdot [1 - \sum J_n (R_e / r)^n P_n(\sin\varphi)],$$

где J_n — коэффициенты гармоник, P_n — полиномы Лежандра.

Наибольшее влияние на геостационарную орбиту оказывает коэффициент J_2 .

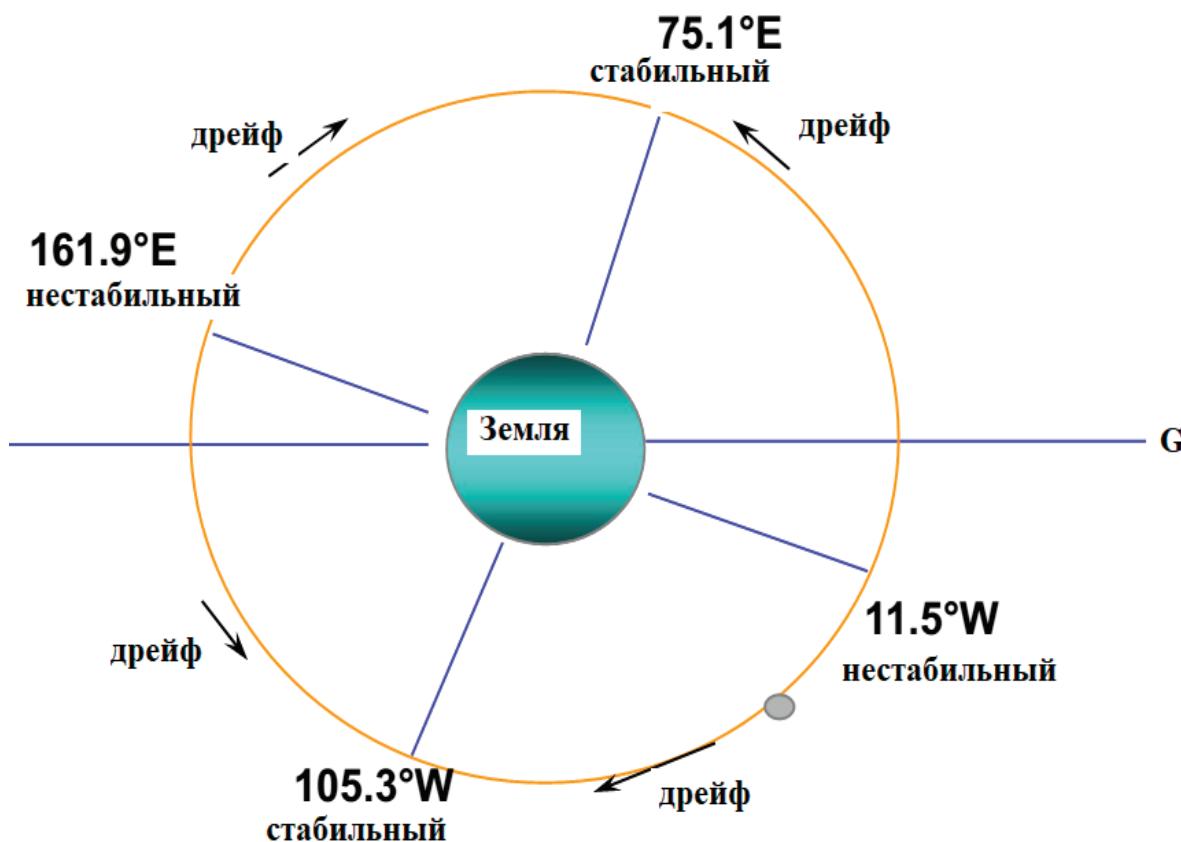


Рис. 2. Экваториальное выпячивание Земли и возникающая возмущающая сила

Дрейф долготы

Для спутника вблизи устойчивой долготы λ_s справедливо уравнение:

$$d^2\lambda / dt^2 = C = \text{const.}$$

Интегрирование даёт:

$$\lambda(t) = (C/2) \cdot t^2 + \lambda_0 \cdot t + \lambda_0.$$

Таким образом, долгота изменяется по параболическому закону.

Лунносолечные гравитационные возмущения

Возмущающее ускорение от третьего тела (Луны или Солнца) записывается как:

$$\mathbf{a}_3 = \mu_3 \cdot [(r_3 - \mathbf{r}) / |r_3 - \mathbf{r}|^3 - \mathbf{r}_3 / |r_3|^3].$$

Воздействие на наклонение

Секулярный дрейф наклонения имеет вид:

$$di/dt \approx 0.75^\circ - 0.95^\circ \text{ в год.}$$

Без коррекции наклонение за несколько лет достигает недопустимых значений.

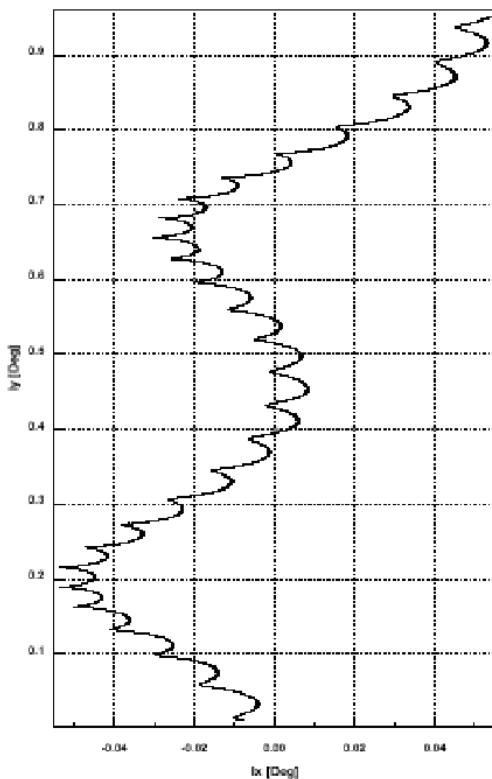


Рис. 3. Свободная эволюция вектора наклонения (i_x, i_y)

Периодические эффекты

Лунносолнечные возмущения вызывают также периодические изменения эксцентриситета и средней долготы с периодами от 14 суток до 1 года.

Таблица 1. Периодические лунносолнечные возмущения долготы и полуоси

mean longitude		Drift (or semi-major axis)	
Period (days)	Amplitude (°)	Period (days)	Amplitude (m)
182	0.019	.52	965
365	0.006	.50	435
27.6	0.003	.53	188
13.7	0.003	.35	84
0.52	0.002	.50	82

Давление солнечного излучения

Среднее давление солнечного излучения на расстоянии орбиты Земли:

$$P_0 = 4.56 \times 10^{-6} \text{ Н/м}^2$$

Сила, действующая на элемент поверхности dA :

$$dF = P \cdot \cos\theta \cdot dA$$

С учётом отражения и поглощения результирующая сила записывается как:

$$F = -P [(1 - C_s) S + (2 C_s \cos\theta + 2/3 C_d) N] \cos\theta \cdot dA$$

Эволюция вектора эксцентриситета

Интегрирование уравнений движения приводит к выражениям:

$$e_x = A_0 + e_n \cos l_s,$$

$$e_y = B_0 + e_n \sin l_s,$$

где l_s — экваториальная долгота Солнца.

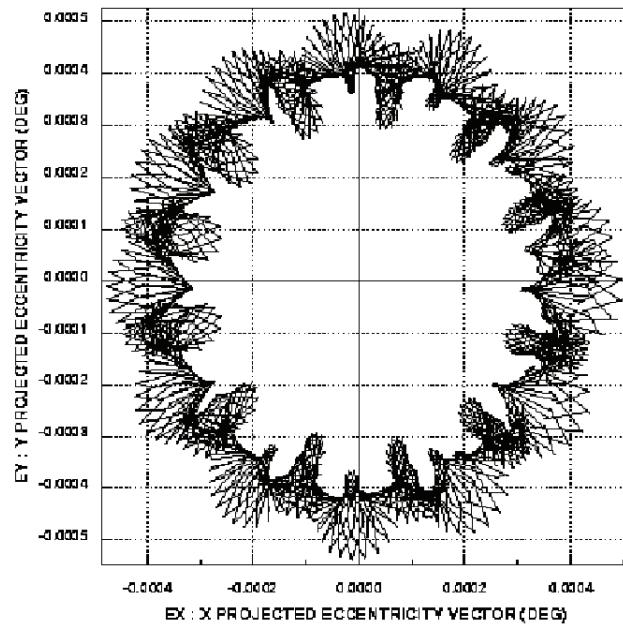


Рис. 4. Годовая эволюция вектора эксцентриситета под действием солнечного давления

Поддержание геостационарной орбиты

Поддержание орбиты включает коррекции: — восток–запад (долгота); — север–юг (наклонение).

Годовые затраты характеристической скорости:

$$\Delta V_{NS} \approx 45\text{--}50 \text{ м/с в год.}$$

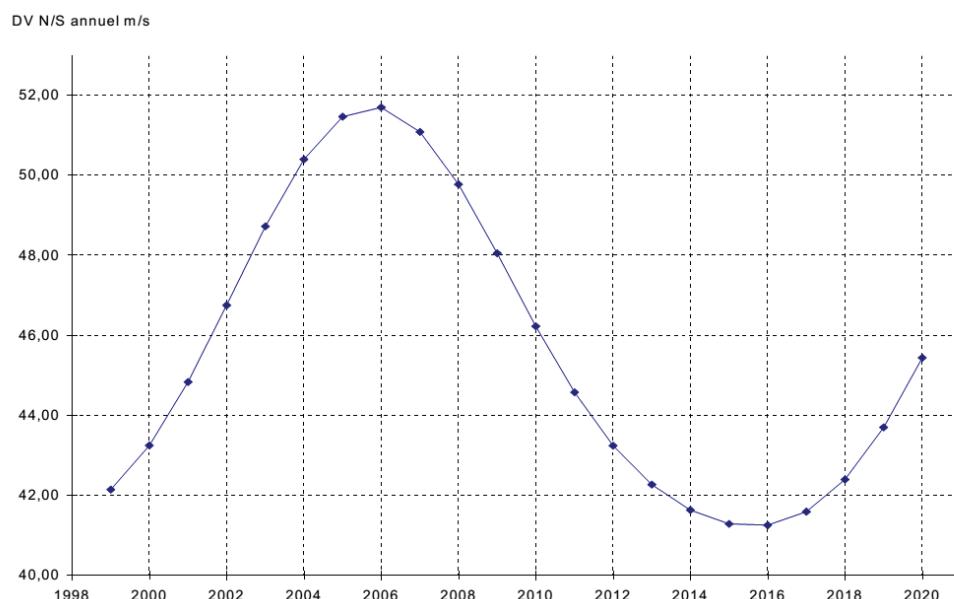


Рис. 5. Годовые затраты ΔV на station keeping геостационарных спутников

Таблица 2. Краткий обзор возмущений на геостационарных орbitах

	a, λ	e, ω	i, Ω
Earth Potential	S	SP	SP
Moon and Sun	MP + LP	MP	S + LP + MP
Solar Radiation	SP	LP	SP

S = светский период

LP = длительные периоды

MP = средние периоды

SP = короткие периоды

Заключение

Орбитальные возмущения геостационарных спутников носят комплексный характер и включают эффекты различной физической природы. Их строгий учёт и регулярное выполнение коррекций орбиты являются необходимым условием долговременной эксплуатации геостационарных космических аппаратов.

Литература:

1. Thales Alenia Space. Space Engineering & Operations University. Orbital Perturbations, 2011.
2. Montenbruck O., Gill E. Satellite Orbits. Springer, 2000.
3. Vallado D. A. Fundamentals of Astrodynamics and Applications. Microcosm Press, 2013.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проведение сравнительного анализа конкурентных и альтернативных решений в предметной области автоматизации отправки тестовых заданий практикантам

Дружинин Андрей Андреевич, студент магистратуры

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

В статье представлен результат сравнительного анализа конкурентных и альтернативных программных решений, применяемых в области автоматизации отправки, контроля и оценки тестовых заданий для практикантов и стажёров. Актуальность исследования обусловлена ростом числа распределённых форм практической подготовки, дистанционных стажировок и проектно-ориентированного обучения, что требует внедрения специализированных цифровых инструментов. В рамках исследования выполнен анализ предметной области, рассмотрены существующие классы решений, включая системы управления обучением (LMS), HR-платформы, специализированные сервисы онлайн-тестирования, а также решения на базе почтовых и мессенджер-интеграций. Проведена классификация выявленных инструментов по функциональным, архитектурным и организационным признакам, а также выполнена их сравнительная оценка по ряду критериев: уровень автоматизации, масштабируемость, гибкость настройки, возможность интеграции и наличие механизмов контроля выполнения заданий. На основе выявленных ограничений и нерешённых проблем существующих решений сформулирован обоснованный вывод о целесообразности разработки специализированного сервиса автоматической отправки тестовых заданий практикантам. Полученные результаты могут быть использованы при формировании научно-технической концепции магистерской диссертации и проектировании программных систем в сфере цифрового образования.

Ключевые слова: автоматизация обучения, практиканты, тестовые задания, LMS, сравнительный анализ, цифровые образовательные сервисы.

В условиях цифровизации образования и трансформации процессов подготовки специалистов особую значимость приобретает автоматизация взаимодействия между образовательными организациями, работодателями и обучающимися. Практика и стажировка, являясь ключевыми элементами образовательных программ, всё чаще реализуются в распределённом или дистанционном формате. Это приводит к необходимости внедрения программных средств, обеспечивающих своевременную отправку заданий, контроль сроков их выполнения, сбор результатов и последующую оценку.

На сегодняшний день на рынке представлено значительное количество программных решений, частично или полностью решающих указанные задачи. Однако большинство из них ориентированы либо на академическое обучение, либо на управление персоналом, что не всегда соответствует специфике работы с практикантами. В связи с этим возникает необходимость проведения системного сравнительного анализа существующих решений с целью выявления их функциональных и архитектурных ограничений, а также определения направлений для разработки специализированного сервиса.

Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа конкурентных и альтернативных решений

в предметной области автоматической отправки тестовых заданий практикантам и формирование обоснованных предпосылок для разработки собственной научно-технической концепции сервиса.

Предметная область автоматизации отправки тестовых заданий практикантам находится на стыке нескольких направлений: цифровое образование, управление человеческими ресурсами, электронное обучение и автоматизация бизнес-процессов. В рамках данной области ключевыми субъектами являются образовательные организации, предприятия-партнёры и обучающиеся, проходящие практику или стажировку.

Основными процессами, подлежащими автоматизации, являются:

- формирование и актуализация базы практикантов;
- генерация и распределение индивидуальных или групповых тестовых заданий;
- контроль сроков выполнения;
- сбор и хранение результатов;
- первичная автоматизированная оценка;
- формирование аналитической отчётности.

Рисунок 1 иллюстрирует обобщённую архитектуру процессов взаимодействия в существующих решениях.

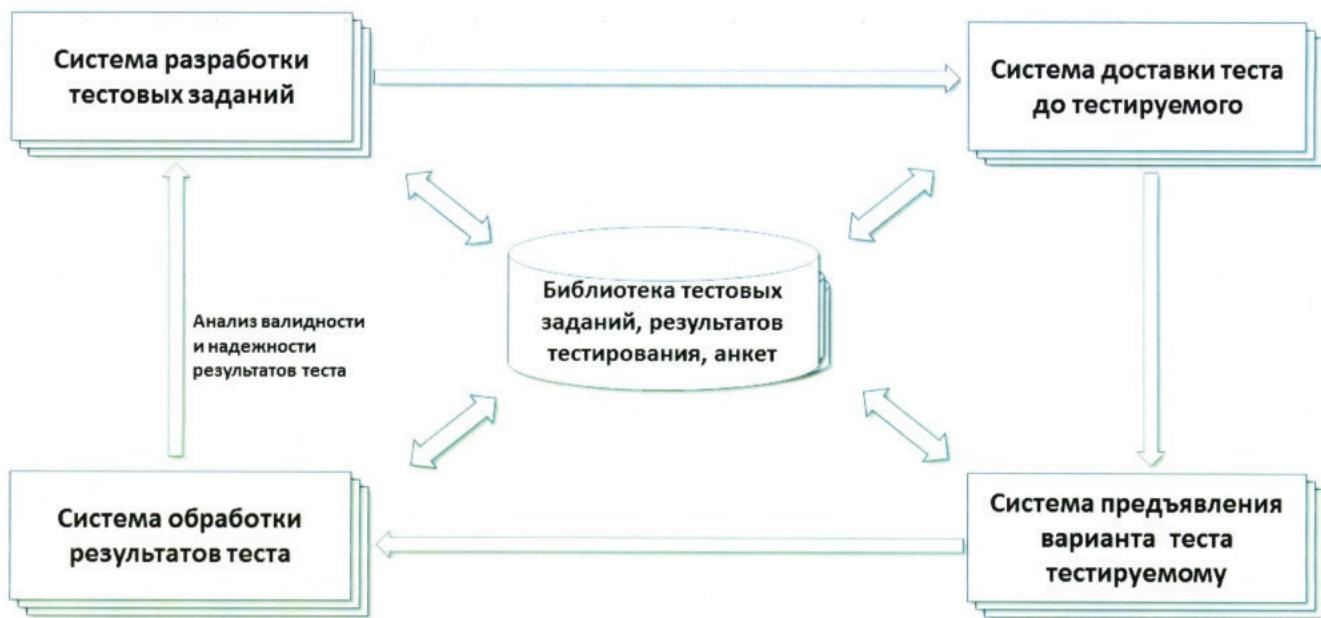


Рис. 1. Архитектура процессов автоматизации работы с тестовыми заданиями практикантов

Анализ показывает, что большинство решений реализует указанные процессы фрагментарно, что снижает их эффективность при использовании в рамках практической подготовки.

Системы управления обучением предоставляют широкие возможности для тестирования, однако ориентированы на академический процесс. HR-платформы направлены на управление персоналом и имеют высокую стоимость внедрения. Онлайн-сервисы тестирования отличаются простотой, но не обеспечивают полного цикла автоматизации. Существующие решения условно можно разделить на несколько основных классов.

1. Системы управления обучением (LMS).

К данной категории относятся Moodle, Canvas, Blackboard и аналогичные платформы. Они обладают широким функционалом для создания курсов, тестов и контроля успеваемости. Однако LMS ориентированы преимущественно на учебный процесс и требуют значительных затрат на настройку при использовании для краткосрочных практик.

2. HR-платформы и системы управления талантами.

Такие системы, как SAP SuccessFactors или BambooHR, включают модули обучения и оценки персонала. Их недостатком является высокая сложность и избыточность функционала для задач работы с практикантами.

3. Онлайн-сервисы тестирования.

К этой группе относятся Google Forms, Testograf, Quizizz и др. Они просты в использовании, но не обеспечивают полноценной автоматизации рассылки и контроля выполнения заданий.

4. Интеграционные решения на базе почты и мессенджеров.

Использование связок e-mail, Telegram-ботов и CRM-систем позволяет частично автоматизировать процесс, однако такие решения носят кастомный характер и плохо масштабируются.

Для оценки выявленных решений была сформирована система критерии, включающая уровень автоматизации, масштабируемость, гибкость настройки, возможности интеграции и ограничения (Таблица 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ существующих решений

Класс решений	Уровень автоматизации	Масштабируемость	Гибкость	Основные ограничения
LMS	Высокий	Высокая	Средняя	Избыточность, сложность внедрения
HR-платформы	Высокий	Высокая	Низкая	Высокая стоимость
Онлайн-тесты	Низкий	Средняя	Низкая	Отсутствие контроля
Почтовые/мессенджер-решения	Средний	Низкая	Высокая	Отсутствие единой системы

Результаты анализа показывают, что ни одно из существующих решений не обеспечивает оптимального баланса между автоматизацией, простотой использования и адаптацией под специфику практикантов.

ланса между автоматизацией, простотой использования и адаптацией под специфику практикантов.

Полученные данные свидетельствуют о наличии значительного разрыва между функциональностью существующих решений и реальными потребностями процессов практической подготовки. LMS и HR-системы являются избыточными, тогда как простые сервисы тестирования не обеспечивают необходимого уровня контроля и аналитики. Интеграционные решения требуют высокой квалификации для поддержки и развития.

Таким образом, выявленные ограничения создают предпосылки для разработки специализированного сервиса, ориентированного именно на автоматическую отправку и контроль тестовых заданий практикантом.

В результате проведённого исследования выполнен анализ предметной области, классифицированы суще-

ствующие конкурентные и альтернативные решения, а также проведён их сравнительный анализ. Установлено, что современные программные продукты не в полной мере удовлетворяют требованиям автоматизации работы с практикантами.

Сформулирован вывод о целесообразности разработки специализированного сервиса, который должен обеспечивать модульную архитектуру, гибкую настройку сценариев рассылки заданий, интеграцию с образовательными и корпоративными системами, а также расширенные механизмы контроля и аналитики. Полученные результаты создают научно-методическую основу для дальнейшей разработки собственной научно-технической концепции в рамках магистерской диссертации.

Литература:

1. Зельнина Е. В., Любавина Н. В. Факторы, влияющие на принятие инструментов искусственного интеллекта в образовательном процессе // Russian Journal of Education and Psychology. — 2025. — Т. 16, № 3. — С. 332–347.
2. Kennon O. V., Пустошило П. В., Иванцов А. А. Проблема использования инструментов нейросетей и искусственного интеллекта студентами // Russian Journal of Education and Psychology. — 2025. — Т. 16, № 3. — С. 237–260.
3. Привыткова А. А., Тормышова Т. Ю., Хаустов О. Н. Использование системы автоматизированной оценки Criterion при обучении студентов написанию эссе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. — 2024. — Т. 29, № 2. — С. 378–389. — DOI: 10.20310/1810-0201-2024-29-2-378-389.
4. Анализ и обобщение российских автоматизированных систем оценки компетенций // MAGINNOV: Инновации в цифровой экономике. — 2024. — № 2. — С. 45–56.
5. Потапова С. О., Амбросенко Н. Д., Лысак О. А. Электронные библиотечные системы: интеграция, мониторинг и оценка эффективности в образовательной среде // Russian Journal of Education and Psychology. — 2025. — Т. 16, № 3. — С. 198–212.
6. Топ-8 систем управления тестированием, доступных в России в 2024 году [Электронный ресурс] // Хабр. — 2024. — URL: <https://habr.com> (дата обращения: 20.12.2025).
7. Обзор популярных систем для тестирования персонала в 2025 году [Электронный ресурс]. — М.: StartExam, 2025. — URL: <https://www.startexam.ru> (дата обращения: 20.12.2025).

Защита аппаратуры от несанкционированного доступа на уровне печатной платы

Ивах Алексей Владимирович, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

В работе рассматривается проблема обеспечения физической безопасности технических средств управления в условиях потенциального несанкционированного вмешательства. Предложен аппаратный подход к защите, реализуемый непосредственно на уровне печатной платы и не зависящий от состояния программного обеспечения. Особое внимание уделено контролю целостности модулей, аутентификации компонентов и управлению доступом к сервисным интерфейсам в составе многомодульных блоков.

Ключевые слова: несанкционированный доступ, аппаратная защита, печатная плата, tamper-контроль, аутентификация модулей, безопасность встраиваемых систем.

Современные технические средства управления, применяемые в промышленности, энергетике, оборонной сфере и критической инфраструктуре, все чаще эксплуатируется в условиях, где обеспечение физической безопасности оборудования не гарантировано. Удаленные объекты, мобильные комплексы, а также этапы транспор-

тировки и технического обслуживания создают потенциальные возможности для несанкционированного доступа (НСД) к аппаратуре. Такой доступ может быть направлен на извлечение конфиденциальной информации, подмену функциональных модулей, внедрение аппаратных закладок или полный захват управления устрой-

ством. В этих условиях традиционные методы защиты — механические пломбы, программная блокировка отладки, шифрование данных — зачастую оказываются недостаточными, поскольку они либо пассивны, либо уязвимы к обходу при компрометации программного обеспечения.

Актуальность разработки эффективных мер противодействия НСД обусловлена также ужесточением требований нормативных документов, регулирующих безопасность технических средств. Современные стандарты всё чаще предписывают наличие аппаратных механизмов контроля целостности и аутентификации, что делает их не просто рекомендацией, а обязательным условием допуска изделий к применению в ответственных системах.

Особую уязвимость представляют многомодульные блоки, широко используемые в промышленных контроллерах и встраиваемых системах управления. Такие блоки, как правило, состоят из нескольких функционально независимых плат (например, входных, интерфейсных и управляющих модулей), объединённых общей шиной. Подобная архитектура обеспечивает гибкость и удобство обслуживания, но одновременно создаёт множество точек потенциального вмешательства: каждый модуль может быть извлечён, заменён или модифицирован независимо от остальных. Более того, для целей отладки и программирования в таких системах сохраняются сервисные интерфейсы (JTAG, SWD, UART и др.), которые в штатном режиме эксплуатации превращаются в прямые каналы компрометации.

В этой связи особую значимость приобретает подход к защите, реализуемый непосредственно на уровне печатной платы и функционирующий автономно от основного программного обеспечения. Такой подход позволяет создать «первую линию обороны», устойчивую к большинству методов физического анализа и вмешательства.

Аппаратная защита как основа безопасности встраиваемых систем

Аппаратная защита от НСД предполагает реализацию комплекса мер, встроенных в конструкцию печатной платы и не зависящих от состояния микропрограммы основного контроллера. Ключевыми компонентами такой системы являются:

Система контроля целостности (tamper-контроль).

Включает tamper-линии — проводники, проложенные по периметру платы и вокруг критических компонентов. Любое механическое повреждение (царапина, сверление, демонтаж) приводит к разрыву или замыканию линии, что немедленно фиксируется. Дополнительно могут применяться датчики, регистрирующие извлечение модуля из разъёма или вскрытие корпуса.

Аппаратная аутентификация модулей.

Каждый функциональный модуль в блоке оснащается уникальным аппаратным идентификатором. При включении питания центральный модуль защиты отправляет запрос аутентификации. Только при получении коррект-

ного ответа модуль допускается к работе. Это исключает возможность подмены на нелицензионный аналог.

Управление доступом к сервисным интерфейсам.

Отладочные и диагностические порты физически изолируются от внешних разъёмов в штатном режиме эксплуатации. Активация возможна только по аутентифицированному запросу от доверенного сервисного устройства и при отсутствии тревожных событий.

Автономная реакция на угрозу.

При срабатывании любого датчика система немедленно инициирует защитные действия: сброс основного контроллера, стирание конфиденциальных данных, сохранение журнала событий в энергонезависимой памяти и блокировка всех внешних интерфейсов. Важно, что все эти действия выполняются независимо от состояния основного ПО, что обеспечивает устойчивость даже в случае его компрометации.

Такой подход реализуется в виде специализированного модуля защиты, интегрируемого в состав многомодульного блока. Он функционирует параллельно с основной логикой и обеспечивает сквозной контроль безопасности на всех этапах жизненного цикла изделия — от производства до утилизации.

Преимущества аппаратного подхода

Основное преимущество защиты на уровне печатной платы заключается в её независимости от программного обеспечения. В отличие от программных методов, которые могут быть обойдены при компрометации ядра системы, аппаратные механизмы остаются работоспособными даже в условиях полного захвата управления. Это делает их особенно ценными для систем, где недопустимы ошибки, вызванные вредоносным вмешательством.

Другое важное достоинство — превентивный характер. Аппаратная система не только фиксирует факт вмешательства, но и предотвращает его последствия, например, блокируя доступ к критическим данным до подтверждения подлинности сервисного запроса. Это особенно важно в условиях, когда невозможно полностью исключить человеческий фактор или кратковременный доступ злоумышленника.

Наконец, аппаратный подход обеспечивает баланс между безопасностью и сервисной доступностью. Он не делает устройство «неразборным» — наоборот, предусматривает возможность безопасного обслуживания при соблюдении строгих условий аутентификации и контроля целостности.

Таким образом, защита аппаратуры от несанкционированного доступа на уровне печатной платы представляет собой эффективное и перспективное направление обеспечения безопасности встраиваемых систем управления. Реализация такой защиты в виде специализированного модуля позволяет обеспечить централизованный, автономный и многоуровневый контроль в составе многомодульных блоков, что отвечает современным требованиям

к надёжности и доверию к техническим средствам. Разработка подобных решений особенно актуальна для предприятий оборонно-промышленного комплекса, где уровень защищённости оборудования напрямую влияет на

национальную безопасность. Внедрение аппаратных механизмов защиты не только повышает уровень безопасности, но и способствует импортозамещению и технологической независимости отечественной промышленности.

Литература:

- ГОСТ Р 57580.1–2017. Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в распределённых автоматизированных системах. Основные термины и определения.
- Молдовян Н. А. Аппаратные средства защиты информации. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021.
- Anderson R. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. — Wiley, 2020.
- Калугин А. В. Физическая защита электронных средств: методы и практика. // Компьютерная безопасность. — 2023. — № 4. — С. 22–27.
- Технические средства защиты информации: учебное пособие / Под ред. В. Н. Сачкова. — М.: Академия, 2022.

Оценка популярности языков программирования на основе поисковых и опросных данных

Манин Андрей Николаевич, студент;

Горшкова Алина Павловна, студент

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

В статье представлен сравнительный анализ эволюции языков программирования в период 2000–2025 гг. на основе данных индекса PYPL и опроса Stack Overflow Developer Survey. Рассматриваются различия между популярностью языков в обучении и их фактическим использованием в профессиональной среде. Полученные результаты подтверждают многоязыковой характер современной экосистемы программирования и необходимость комплексного подхода к анализу технологических тенденций.

Ключевые слова: языки программирования, популярность языков программирования, PYPL Index, Stack Overflow Developer Survey, программная инженерия, информационные технологии, анализ данных.

Языки программирования являются фундаментальным компонентом информационных технологий и отражают ключевые тенденции развития программной инженерии. Изменения в их популярности связаны с эволюцией вычислительных платформ, ростом новых прикладных областей и трансформацией требований к профессиональным навыкам разработчиков. Анализ этих изменений позволяет выявить долгосрочные технологические тренды и понять, какие языки сохраняют устойчивость в условиях быстро меняющейся IT-среды.

Существующие рейтинги языков программирования часто опираются на разные типы данных и потому дают неполную картину. Индексы, основанные на поисковой активности, отражают интерес к изучению языков, тогда как опросы разработчиков фиксируют их фактическое использование в профессиональной практике. Для более объективного анализа необходимо рассматривать оба подхода совместно.

В данной статье проводится краткий сравнительный анализ эволюции языков программирования в период 2000–2025 гг. на основе индекса PYPL и данных Stack Overflow Developer Survey. Целью работы является сопо-

ставление популярности языков в обучении и их реального применения, а также выявление расхождений между этими показателями для наиболее распространённых языков программирования.

Данные и методология исследования

В исследовании используются два независимых источника данных, отражающие различные аспекты популярности языков программирования.

Первым источником является PYPL Index (PopularitY of Programming Language), который измеряет долю поисковых запросов, связанных с обучением конкретным языкам программирования. В работе используются агрегированные данные Worldwide, December 2025, включающие показатели доли языка в общем объёме запросов и годовую динамику. Данный индекс интерпретируется как показатель интереса к изучению языков программирования.

Вторым источником данных выступает Stack Overflow Developer Survey, представляющий собой ежегодный опрос профессиональных разработчиков. Для анализа используются данные из файлов survey_results_public.csv и survey_results_schema.csv. В рамках исследе-

дования рассматриваются ответы на вопрос о языках, с которыми респонденты работали в текущий момент времени (LanguageHaveWorkedWith). Эти данные отражают фактическое использование языков в профессиональной среде.

Методология исследования включает следующие этапы:

- Предобработка данных опроса Stack Overflow и подсчёт частоты упоминаний языков программирования.

- Нормализация результатов в процентное соотношение для обеспечения сопоставимости с данными PYPL.

- Сравнительный анализ показателей интереса к обучению (PYPL) и реального использования (Stack Overflow) для наиболее распространённых языков.

Такой подход позволяет выявить различия между образовательной популярностью языков и их практическим применением, а также оценить устойчивость отдельных языков в экосистеме информационных технологий.

Таблица 1. Топ-языки программирования по двум метрикам

Язык	PYPL: доля (%)	Stack Overflow: использование (%)
Python	25.91	9.46
Java	11.36	4.81
C / C++	13.02	3.85
JavaScript	5.16	10.79
C#	3.18	4.55
TypeScript	1.78	7.12
PowerShell	1.17	3.79
Bash / Shell	—	7.97
SQL	—	9.58
HTML / CSS	—	10.12

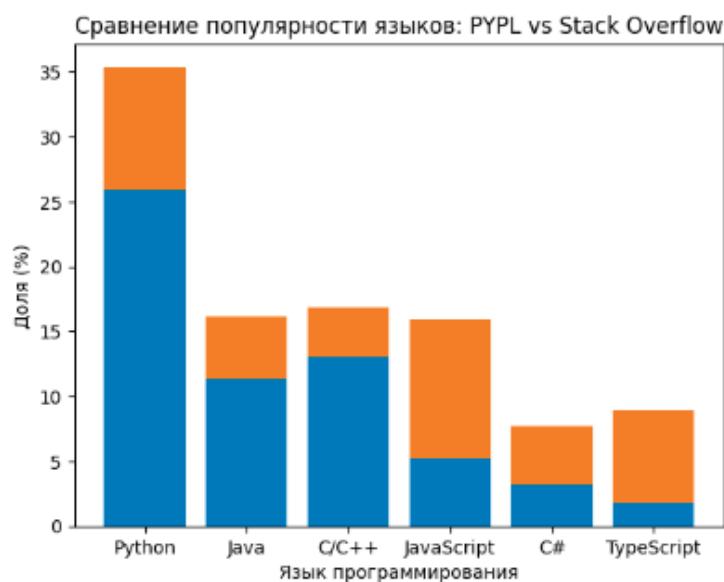


Рис. 1. Сравнение популярности языков программирования: интерес к обучению и фактическое использование

На диаграмме представлено сопоставление двух показателей:

- PYPL (%) — доля поисковых запросов, связанных с обучением языку
- Stack Overflow (%) — доля разработчиков, использующих языки на практике

По оси X отложены языки программирования, по оси Y — относительная доля в процентах.

Анализ диаграммы позволяет выявить несколько устойчивых закономерностей.

Во-первых, Python демонстрирует значительно более высокий показатель интереса к обучению по сравнению

с фактическим использованием. Это указывает на его роль как универсального входного языка и инструмента для освоения новых областей, таких как анализ данных и машинное обучение. Высокая образовательная популярность не полностью трансформируется в профессиональное использование, что может быть связано с ограниченной применимостью Python в ряде производственных и высоконагруженных систем.

Во-вторых, JavaScript и TypeScript характеризуются противоположной динамикой: их доля практического использования превосходит показатели PYPL. Это отражает прикладной характер данных языков и их тесную связь

с веб-разработкой, где навыки приобретаются преимущественно в ходе практической деятельности, а не через формальное обучение.

В-третьих, C/C++ сохраняют высокие значения в индексе PYPL, однако демонстрируют более низкую долю в данных Stack Overflow. Это подтверждает их нишевую роль в системном программировании, встроенных системах и задачах, требующих высокой производительности.

Наконец, языки корпоративной экосистемы, такие как C#, демонстрируют относительное соответствие между обучением и использованием, что указывает на стабильность их позиции в профессиональной среде.

Проведённый анализ показал, что популярность языков программирования существенно зависит от используемой метрики. Данные PYPL отражают преимуще-

ственное интерес к изучению языков, тогда как результаты Stack Overflow Developer Survey характеризуют их фактическое использование в профессиональной среде.

Сопоставление этих источников выявило устойчивые расхождения между образовательной и практической популярностью. Python демонстрирует высокую привлекательность для обучения, тогда как JavaScript и TypeScript обладают более выраженной прикладной значимостью. Системные языки, такие как C/C++, сохраняют интерес со стороны обучающихся, но применяются преимущественно в специализированных областях.

Полученные результаты подтверждают, что современная экосистема языков программирования носит многоязыковой характер, а объективный анализ её развития требует одновременного учёта как образовательных, так и профессиональных показателей.

Литература:

1. PYPL PopularitY of Programming Language Index URL: <https://pypl.github.io/PYPL.html> (дата обращения: 23.12.2025).
2. Stack Overflow Developer Survey 2024 URL: <https://insights.stackoverflow.com/survey> (дата обращения: 23.12.2025).
3. Агаева М., Гарабатырова О., Гараев С. Современные языки программирования: тенденции, преимущества и будущее // Вестник науки. 2024. № 9 (78). (дата обращения: 24.12.2025).
4. Исаева Г. Н., Теодорович Н. Н., Сидоров Ю. Ю. Тенденции развития современных языков программирования высокого уровня // Информационно-технологический вестник. — 2017. — № 4 (14). — С. 117–125. (дата обращения: 24.12.2025).

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Разработка и исследование инновационных методов повышения энергоэффективности в системах ОВК с использованием передовых технологий искусственного интеллекта

Кобыланбаев Нурберген Кобыланбайулы, студент магистратуры
Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева (Казахстан)

В данной статье рассматривается вопрос повышения энергоэффективности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК, ОВ) с использованием методов искусственного интеллекта (ИИ). Поскольку доля систем ОВК в общей структуре энергопотребления зданий высока, оптимизация режимов их работы является важным направлением для экономии энергоресурсов.

В ходе исследования в среде MATLAB была разработана математическая модель системы ОВК на основе нейронной сети. Входными параметрами модели являлись наружная и внутренняя температуры воздуха, скорость воздухообмена и показатели энергопотребления. В качестве выходного параметра было определено оптимизированное значение энергопотребления. Результаты обучения и тестирования нейронной сети показали, что модель более точно описывает динамику системы.

Результаты моделирования показывают, что использование методов искусственного интеллекта позволяет повысить энергоэффективность примерно на 10–20 % по сравнению с традиционными методами управления. Кроме того, предложенная модель способна поддерживать параметры внутреннего микроклимата на постоянном уровне и адаптироваться к изменениям внешних климатических условий.

Предложенный подход может послужить основой для разработки интеллектуальных систем управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в реальных зданиях, их интеграции с технологиями Интернета вещей и реализации концепции «умного здания».

Ключевые слова: искусственный интеллект, энергоэффективность, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, MATLAB, нейронная сеть, адаптивное управление, моделирование.

Введение

Искусственный интеллект — это способность технических систем выполнять функции, традиционно связанные с интеллектуальной деятельностью человека. К ним относятся распознавание речи, решение сложных инженерных задач, анализ ситуаций и принятие решений на основе полученной информации.

Технологии искусственного интеллекта представляют собой новый качественный уровень развития средств автоматизации. Традиционные контроллеры и алгоритмы управления, как правило, основаны на простых логических законах и реализуют предопределенную реакцию на изменения параметров. Искусственный интеллект, с другой стороны, позволяет одновременно учитывать сотни факторов, оценивать несколько альтернативных решений и выбирать из них наиболее эффективное.

Одним из важных направлений повышения энергоэффективности является улучшение энергетических характеристик инженерных систем зданий. В современных жилых, общественных и промышленных зданиях, наряду с энергоэффективными системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, широко используются автоматизированные системы управления, позволяющие эффективно контролировать и регулировать энергопотребление. Однако единая нормативно-методическая база для оценки и оптимизации энергоэффективности систем ОВК до сих пор недостаточно разработана.

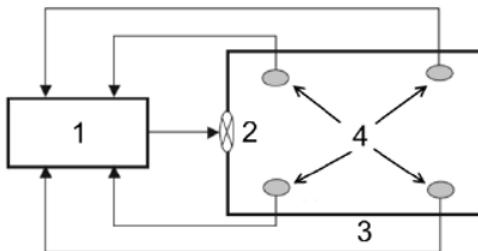
В этом контексте вопрос снижения энергопотребления за счет использования интеллектуальных методов управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха является актуальной научной и прикладной задачей.

Интеллектуальное управление системой отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

Как правило, вентиляционные системы работают в режимах, характеризующихся нестабильностью параметров регулируемого объекта, поэтому качество работы этих систем зависит не только от правильного подбора вентилятора и согласования его аэродинамических характеристик с вентиляционной сетью шахты, но и от метода и эффективности регулирования режимов его работы.

Высокое качество тепловых процессов может быть обеспечено за счет использования интеллектуальных технологий управления, позволяющих достигать высоких показателей регулирования при наличии нелинейных и многочисленных деструктивных факторов объекта. Мы рассматриваем вопросы внедрения интеллектуальной системы управления, обеспечивающей комфортную температуру воздуха в помещении и необходимый уровень воздухообмена.

Функциональная схема системы вентиляции показана на рисунке 1. Для контроля параметров воздушной среды используются датчики температуры и газоанализаторы. Изменение температуры воздуха осуществляется пропорциональным приводом трехходового клапана, который изменяет степень смешивания горячей воды из системы горячего водоснабжения (ГВС) и холодной обратной воды из чиллера (рисунок 8).

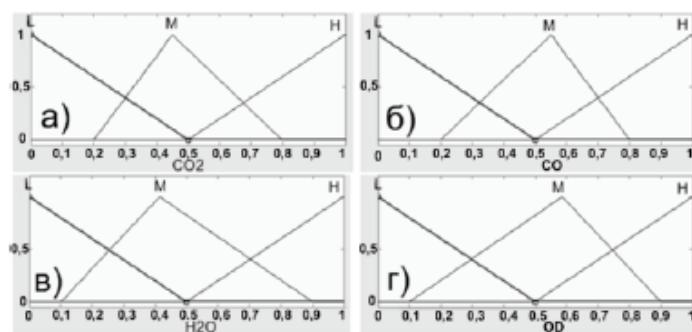


1 — регулятор температуры окружающей среды; 2 — вентилятор; 3 — комнатный; 4 — датчики

Рисунок 1. Конструкция системы регулирования воздухообмена

Регулировка скорости вращения приточных и вытяжных вентиляторов позволяет изменять интенсивность воздухообмена и, следовательно, концентрацию вредных примесей в воздухе помещения.

Для анализа химического состава воздуха в помещении установлена распределенная система, состоящая из четырех датчиков. Измеряемые значения — это концентрация углекислого газа (CO_2), оксида углерода (CO), влажности и других вредных примесей (OD) (рис. 2.2). Количество вентиляторов может быть различным и зависит от функционального назначения и размеров помещения. Таким образом, может использоваться один или несколько вентиляторов. В этом случае создание системы управления на основе ПИД-регулятора крайне затруднительно, поскольку объект имеет нелинейную математическую характеристику, а также необходимо обрабатывать несколько входных сигналов одновременно. Наилучшим способом представления поведения различных газов и примесей в воздухе является использование лингвистического описания. Это можно сделать с помощью нечеткого моделирования соответствующего процесса (рис. 9).



а) концентрация диоксида углерода; б) концентрация монооксида углерода; в) влажность; г) другие примеси.

Рисунок 2. Нечеткие множества для входных переменных контроллера

Сравнительная оценка эффективности предложенного метода регулирования скорости вращения вентилятора и нерегулируемой системы вентиляции была проведена на известной математической модели помещения объемом 36 м³. В начальный период времени в помещении отсутствуют источники газовых смесей. После этого, через 15 часов, источники газовых смесей активируются (появление нескольких человек в помещении, включение газовой плиты и т. д.), результаты сравнительного анализа газового состава воздуха для двух методов регулирования скорости вращения вентилятора показаны на рисунках 10–12.

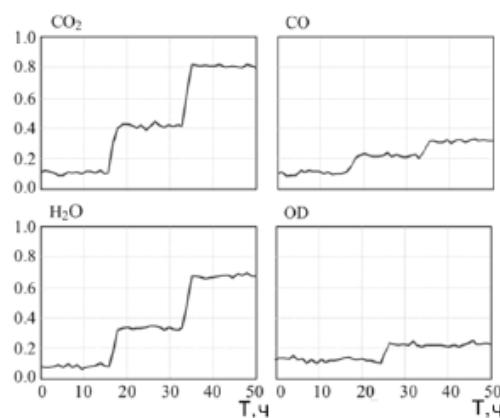


Рисунок 3. Концентрация примесей в воздухе при постоянной скорости вращения вентилятора.

На графике показана концентрация примесей в воздухе при постоянной скорости вращения вентилятора.

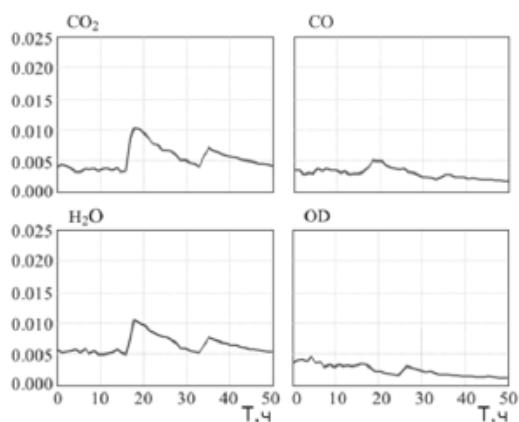


Рисунок 4. Концентрация примесей в воздухе при использовании недетерминированного регулятора

На графике показана концентрация примесей в воздухе при использовании недетерминированного регулятора.

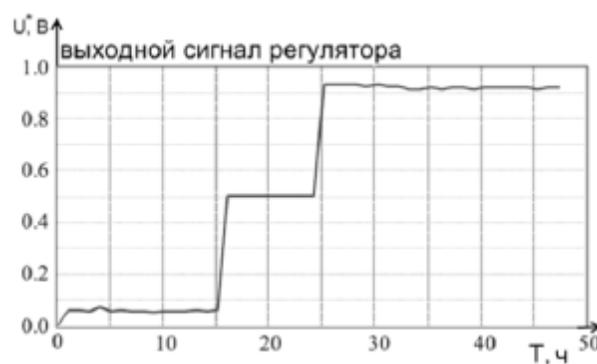


Рисунок 5. Выходной сигнал нечеткого контроллера

Анализ графиков (рисунки 10–12) показывает, что использование нечеткого контроллера позволяет устанавливать оптимальную скорость вращения вентилятора в зависимости от концентрации газовых смесей. Это позволяет поддерживать оптимальный уровень концентрации одной из смесей, заданный пользователем, в то время как остальные факторы являются неприятными и влияют на скорость вращения вентилятора. Нерегулируемая система вентиляции не обеспечивает необходимый воздухообмен при низких скоростях вращения вентилятора или является энергоэффективной, когда вентилятор постоянно работает на максимальной скорости.

Схема двухконтурной системы регулирования температуры показана на рисунке 2.6. Контроллер внешнего контура передает контроллеру внутреннего контура данные о температуре обратной воды в смесительном блоке. Задача второго контроллера — обработка сигнала от первого контроллера, а сигналом обратной связи является температура обратной воды в смесительном блоке.

Передаточная функция системы вентиляции рассматривается как последовательное соединение звеньев: вентилятора, теплообменника, воздуховода и помещения:

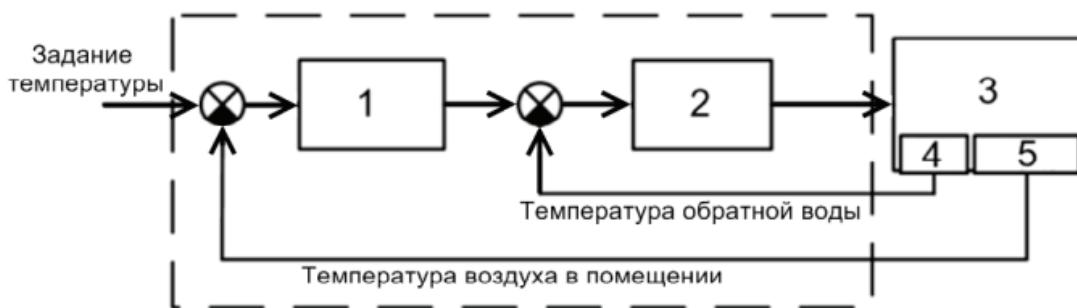
$$W_{\text{вент}}(p) = k_{\text{вент}}, \quad (2.1)$$

$$W_{\text{то}}(p) = \frac{k_{\text{вент}}}{T_{\text{то}}p + 1}, \quad (2.2)$$

$$W_{\text{bx}}(p) = \frac{k_{\text{bx}}e^{-\tau_3 p}}{T_{\text{bx}}p + 1}, \quad (2.3)$$

$$W_{\text{пом}}(p) = \frac{k_{\text{пом}}}{T_{\text{пом}}p + 1}. \quad (2.4)$$

Для реализации нейронного контроллера температуры воздуха в MATLAB была создана двухслойная нейронная сеть. Модель обучения нейронной сети была создана вручную на основе эмпирических знаний о работе системы вентиляции. Входными параметрами нейронной сети являются сигналы от нескольких датчиков температуры, расположенных в разных точках помещения (рис. 13).



1 — регулятор воздушного контура; 2 — регулятор водяного контура; 3 — система вентиляции;
4 — датчик температуры воды; 5 — датчик температуры воздуха.

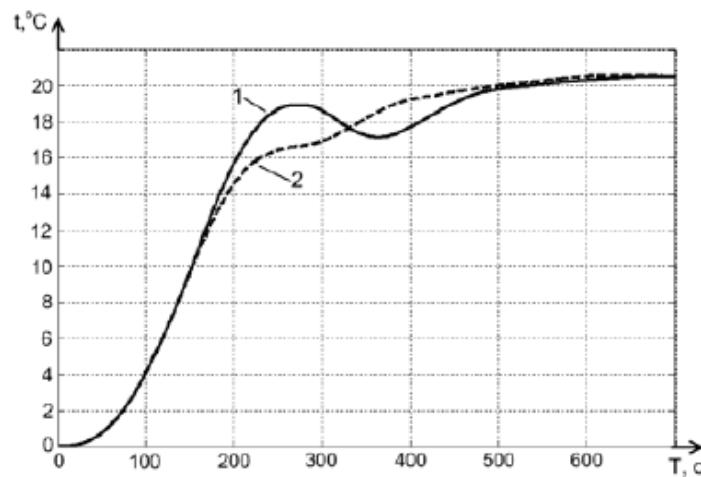
Рисунок 6. Двухконтурная система управления

Согласно требованиям к показателям качества вентиляционных систем, статическая погрешность и максимальная корректировка составляют 7 и 10 % соответственно.

Сравнение нечетких и нейронных контроллеров проводится в математической модели системы. Графики изменения температуры при изменении задачи и линейная модель помещения показаны на рисунке 14.

Анализ графиков (рис. 2.7) показывает, что отклонение температуры в системе с нечетким контроллером при коррекции отклонений значительно ниже, чем в традиционной структуре управления, статическая ошибка в 5 % соответствует допустимым нормам. Результаты нейронной сети практически совпадают с показателями нечеткого контроллера, что свидетельствует о корректности обучения нейронной сети.

Результаты исследования показали, что использование методов искусственного интеллекта в управлении системами ОВК позволяет повысить энергоэффективность и стабилизировать параметры микроклимата. Контроллеры на основе нейронных сетей и нечеткой логики хорошо адаптируются к нелинейным свойствам системы и обеспечивают лучшие результаты по сравнению с традиционными методами управления.



Сплошная линия (1) — традиционная система управления; пунктируная линия (2) — система управления с нечетким контроллером или нейронной сетью.

Рисунок 7. Графики изменения температуры в линейной модели помещения

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании интеллектуальных систем управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в реальных зданиях, а также при разработке технологий «умных зданий».

Литература:

1. Osman, A. A., Elnaggar, M. H., Abido, M. A., & El-Shorbagy, M. A. (2015). Optimal Reservoir Management with Multiobjective Particle Swarm Optimization. *Journal of Applied Mathematics*, 2015, 1–12. doi: 10.1155/2015/949470
2. Б. К. Датта, «Термодинамика: принципы и приложения», Prentice Hall of India Private Ltd, Нью-Дели (ноябрь 2016 г.).
3. Каспарьянц К. С., Кузин В. И. Григорян Л. Г. Процессы и аппараты для объектов промысловой подготовки нефти и газа. — М: Недра. 1977.
4. Комягин А. Ф. Автоматизация производственных процессов газонефтепроводов. — М: Недра, 1979.

Современные датчики дождя для автоматических ирригационных и метеорологических систем

Королькова Ольга Викторовна, студент магистратуры;

Родин Илья Романович, аспирант

Научный руководитель: Павлов Илья Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Национальный исследовательский университет «МЭИ» (г. Москва)

В статье описаны примеры применения, рассмотрены типы датчиков и возможные варианты их конструкций. Приведена разработанная модель датчика дождя и тумана, работа которого основана на явлениях нарушенного полного внутреннего отражения и обратного рассеяния света. Указаны расчетные параметры модели, такие как чувствительность и диапазон измерений.

Ключевые слова: датчики дождя, датчики тумана, датчики влажности, ирригация, метеорология.

Введение

С точки зрения повседневной жизни дождь несомненно относится к неприятным явлениям природы. В дождь неуютно гулять или добираться на работу или учебу, приходится пользоваться зонтами, дождевиками, укрытиями

или, в худшем случае, мокнуть с немалой вероятностью заболеть. В дождь ухудшается видимость на дорогах и увеличивается риск попасть в аварию. Однако, нельзя не отметить, что дождь является одним из важных этапов круговорота воды в природе и без него невозможно себе представить существование жизни на Земле. Безусловно,

с развитием технических возможностей человека он может себе позволить устраивать рукотворные локальные дожди и благополучно выращивать растения даже в пустынях, но на это уходило бы слишком много ресурсов без помощи природы. Поэтому, как ни крути, а без дождя людям пришлось бы тяжко. Другое дело, что процесс выпадения осадков тоже было бы неплохо поставить на контроль и строгий учет для целей науки, промышленности и сельского хозяйства. А в этом деле уже трудно обойтись без автоматизации и цифровых измерительных приборов. И связующую роль между ними и выпадающими осадками как раз играют датчики. Они используются в автомобилях, самолетах и других транспортных средствах для автоматического включения стеклоочистителей, систем дополнительного контроля и оповещения водителей и операторов [1]. Также они широко используются в системах автоматического полива (ирригационных системах) [2]. Здесь они помогают определять выпавшее количество естественных осадков, чтобы избежать перерасхода воды или, наоборот, пересыхания почвы. Кроме того, датчики дождя и тумана используются в инфраструктуре умных городов, морских портов и аэрородромов [3,4]. С их помощью можно автоматически закрывать окна и двери умных зданий, купола телескопов, формировать автоматические оповещения об опасных погодных условиях. Наконец, самое широкое применение такие датчики находят в автоматических метеостанциях, позволяющих отслеживать погоду в течение длительного времени и мониторить изменения климата [5].

Классификация датчиков. На сегодняшний день существует довольно большое количество различных типов датчиков влажности, дождя и тумана. Самые простые из них представляют собой просто сосуды с нанесенной на них шкалой, по которой можно измерять количество выпавших осадков. Более современные могут оснащаться цифровой шкалой с возможностью записи данных в файл. Для более точных измерений продолжительных осадков сосуды могут быть закреплены на двух плечах своеобразной качели, которая качается при наполнении одного из сосудов, тем самым опорожняя его и подставляя другой сосуд под струи дождя. По-английски такие устройства называются “*tipping buckets*” [6].

Другим распространенным вариантом датчиков дождя являются датчики на основе изменения проводимости. В них измеряется сопротивление какого-либо материала или участка почвы, которое очевидным образом зависит от количества содержащейся в нем влаги. В датчиках осадков также используется конструкция с двумя электродами, один из которых выполнен в виде сетки. Существует модификация для определения снега, в ней присутствует подогрев. К преимуществам таких датчиков можно отнести простоту конструкции и относительную дешевизну, к недостаткам — довольно большую инерционность срабатывания и возвращения в рабочее состояние [7].

Также бывают емкостные датчики, в которых измеряется не сопротивление, а емкость определенного материала, которая тоже в свою очередь зависит от количества на-

копленной влаги. Такие датчики обычно более точные, но и более дорогие по сравнению с резистивными, так как в них могут использоваться только специальные материалы [8].

Еще одним типом датчиков являются акустические датчики влажности. В них измеряется скорость распространения звуковой волны в воздухе, она также зависит от его насыщенности влагой. Справедливости ради нужно отметить, что такие датчики редко выходят за пределы научных лабораторий.

Самыми продвинутыми и высокотехнологичными на сегодняшний день, пожалуй, являются оптоэлектронные датчики влажности, дождя и тумана. В них используется взаимодействие света с воздухом или другой средой, в которой может накапливаться влага. В основном в них измеряется коэффициент отражения света от границы раздела стекла и воздуха или другой используемой среды [9]. К такому типу относятся, например, оптоволоконные или купольные датчики. Во-первых, свет распространяется по оптическим волноводам наподобие тех, с помощью которых компьютеры присоединяются к высокоскоростным линиям интернет-соединения, в них свет может почти без потерь распространяться на большие расстояния при соблюдении условий полного внутреннего отражения. Во-вторых, свет распространяется внутри прозрачного купола при условиях полного внутреннего отражения и попадает на фотоприемник, расположенный на выходе из купола. В случае попадания воды на поверхность оптоволокна или купола условия полного внутреннего отражения нарушаются и мощность прошедшего излучения падает, что и служит сигналом начала дождя.

Конструкция датчика. В данной работе за основу взята купольная конструкция датчика дождя, схема которой показана на рис. 1. Принцип ее работы кратко описан выше.

Она состоит из источника света 1, роль которого играет инфракрасный светодиод модели RF-P28A3-IRN-FT фирмы REFOND с длиной волны 850 нм и мощностью 65 мВт, излучение которого распространяется внутри прозрачного купола 3 из полиметилметакрилата (ПММА) при условиях полного внутреннего отражения и, два раза отразившись от границы раздела купола и воздуха, попадает на фотоприемник 2, роль которого играет фотодиод модели BPW 34 S фирмы OSRAM. Чтобы иметь возможность регистрировать не только наличие дождя или конденсата на поверхности купола, в схему были добавлены источник света 2, полностью аналогичный источнику 1, излучение которого распространяется через плоскую часть купола в атмосферу и в случае наличия в ней аэрозольных частиц воды, которые как раз представляют собой туман, рассеиваются во всех направлениях, в том числе назад в купол. Для регистрации рассеянного назад излучения используется фотоприемник 2, полностью аналогичный фотоприемнику 1. Для обработки сигналов с обоих фотоприемников и управления работой источников света используется микроконтроллер 7, установленный на печатной плате 6. Также на печатной плате присутствует влагозащищенный разъем USB-C, с помощью

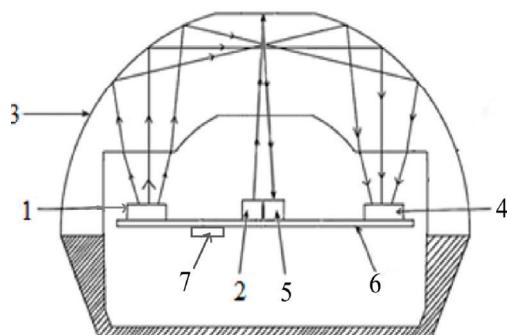


Рис. 1. Схема купольного датчика дождя и тумана: 1 — источник света 1, 2 — источник света 2, 3 — прозрачный купол, 4 — фотоприемник 1, 5 — фотоприемник 2, 6 — печатная плата, 7 — микроконтроллер

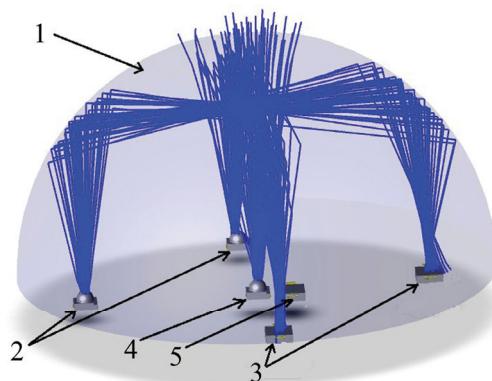


Рис. 2. Трехмерная модель датчика дождя и тумана: 1 — купол, 2 — первичные источники света, 3 — первичные фотоприемники, 4 — вторичный источник света, 5 — вторичный фотоприемник

которого к схеме подводится питание и происходит передача сигналов.

Трехмерная модель купола и ее параметры. После разработки схемы и подбора материалов и компонентов была создана трехмерная модель датчика, показанная на рис. 2. Она была загружена в специальное программное обеспечение для расчета оптических характеристик.

Она была загружена в специальное программное обеспечение для расчета оптических характеристик. В результате расчетов было выяснено, что при отсутствии капель на поверхности купола до первичных фотоприемников доходит излучение мощностью 60 мВт, что говорит

о низких потерях и корректности выбранной схемы и подобранных компонентов. При наличии одной капли на поверхности купола мощность излучения на первичном фотоприемнике падает до 46,8 мВт, а при наличии двух капель — до 35,8 мВт и продолжает падать по мере увеличения количества капель. Это говорит о высокой чувствительности созданной модели, способной работать в режиме счета одиночных капель.

Также в процессе расчетов были определены чувствительность и предел измерений модели датчика дождя и датчика тумана. Полученные значения сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Параметры модели датчика дождя и тумана

	Чувствительность	Предел измерений
Датчик дождя	$1,10 \cdot 10^{-4}$ мм/ч	$1,03 \cdot 10^4$ мм/ч
Датчик тумана	$5,0 \cdot 10^{-4}$ см ⁻³	не применимо

В качестве чувствительности для модели датчика тумана взята минимальная детектируемая концентрация частиц воды размером 5 мкм в воздухе.

Также в процессе работы были разработаны программы обработки сигналов датчика дождя и датчика тумана, позволяющие получать количественные измерения

выпадающих осадков и обеспечивать калибровку и стабильную работу датчиков.

Работа выполнена в рамках проекта «Оптические датчики дождя и тумана» при поддержке гранта НИУ «МЭИ» на реализацию программы научных исследований «Приоритет 2030: Технологии будущего» в 2024–2026 гг.

Литература:

1. Chen, H. Design of Rain Sensor based on Optical Principle / H. Chen. — Текст: непосредственный // Applied Mechanics and Materials. — 2014. — № 668–669. — С. 977–980.
2. Evaluation of a Low-Cost Optical Rain Sensor / D. Steele, T. Scherer, A. Akyuz [и др.]. — Текст: непосредственный // 2014 ASABE and CSBE/SCGAB Intersectional Meeting. — St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2014. — SD14–063.
3. Straub, D. J. Detecting the Presence of Fog Using Low-cost Proximity Sensors / D. J. Straub. — Текст: непосредственный // Aerosol and Air Quality Research. — 2020. — № 20. — С. 981–990.
4. Experimental Characterization of Polarized Light Backscattering in Fog Environments / M. Ballesta-Garcia, S. Peña-Gutiérrez, P. García-Gómez, S. Royo. — Текст: непосредственный // Sensors. — 2023. — № 23. — С. 8896.
5. Montero-Martínez, G. A comparison of two optical precipitation sensors with different operating principles: The PWS100 and the OAP-2DP / G. Montero-Martínez, E. F. Torres-Pérez, F. García-García. — Текст: непосредственный // Atmospheric Research. — 2016. — № 178. — С. 550–558.
6. Segovia-Cardozo, D. A. Tipping Bucket Rain Gauges in Hydrological Research: Summary on Measurement Uncertainties, Calibration, and Error Reduction Strategies / D. A. Segovia-Cardozo, C. Bernal-Basurco, L. Rodríguez-Sinobas. — Текст: непосредственный // Sensors. — 2023. — Т. 23. — № 12. — С. 5385.
7. A Graphene Oxide Flexible Sensor for Humidity Detection / Laera, M. A, Cassano [и др.]. — Текст: непосредственный // Engineering Proceedings. — 2023. — № 48(1). — С. 1–6.
8. Zhou W A micro capacitive humidity sensor based on Al–Mo electrodes and polyimide film / Zhou W 8, J. Wei, L. Wang. — Текст: непосредственный // Polymers. — 2024. — № 16(13). — С. 1–12.
9. Optical Moisture Sensor / Teder R. S. — Текст: непосредственный // U. S. Patent US8271198B2, Sep. 18, 2012.

Применение технологии строительства многоствольных и многозабойных скважин

Нарзуллаев Роман Якубович, студент магистратуры

Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти» (Республика Татарстан)

Для повышения эффективности разработки нефтяных месторождений при снижении объемов добычи рекомендуется применять современные методы бурения, включая горизонтальное и многоствольное бурение. В публикации подробно изучены три передовые технологии: TAML, и Fishbones. Рассмотрены их ключевые характеристики, достоинства и возможные ограничения.

Ключевые слова: многоствольное бурение, горизонтальные скважины, TAML, Fishbones, карбонатные коллекторы, интенсификация добычи.

Необходимость решения проблемы снижения темпов добычи нефти обуславливает необходимость активизации мероприятий по повышению эффективности разработки месторождений путем внедрения инновационных технологий. Одной из наиболее перспективных мер становится применение горизонтальных и многоствольных скважин [1]. Эта методика, разработанная ещё в советский период, показала свою высокую рентабельность благодаря увеличению количества боковых стволов внутри единой скважины. Несмотря на первоначальные повышенные расходы, продуктивность многоствольной системы оказалась значительно выше традиционной схемы, достигнув двадцатикратного прироста производительности.

Универсальная классификация многоствольных конструкций, предложенная ведущими мировыми компаниями в 1998 году под названием TAML (Technology Advancement for Multi-Laterals), выделяет шесть категорий

таких скважин, каждая из которых отличается своей функциональностью и конструктивной сложностью. Первые две категории представляют собой одноуровневые конфигурации с единичными или множественными ответвлениями, размещенными в одном горизонте. Последующие классы охватывают сложные конструкции с несколькими стволами, обеспечивающими доступ к различным уровням нефтеносных зон или участков сетчатой структуры (рисунок 1). Применение многоствольного бурения представляется экономически оправданным решением для увеличения объёмов добываемого сырья и оптимизации расходов на освоение новых площадей [2].

Реализация подобной методики включает комплексный анализ геологической обстановки, выбор оптимального профиля скважины и определение места заложения дополнительного ствола.

Выбор метода бурения зависит от конкретных условий месторождения и технической ситуации. Среди воз-

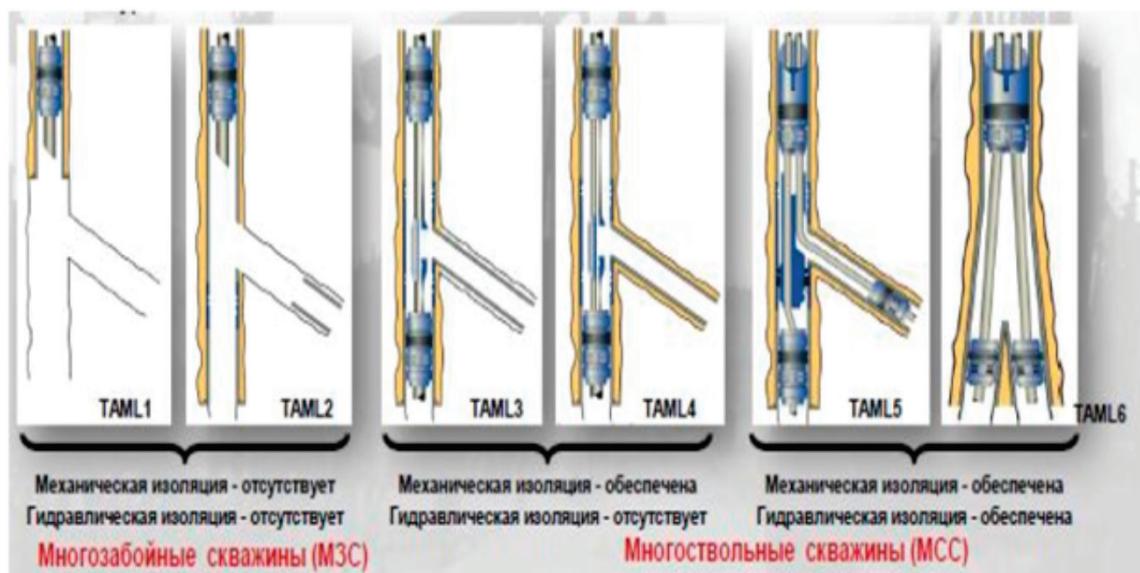


Рис. 1. Классификация TAML

можных вариантов выделяются установка клин-отклонителя в предварительно вырезанном участке обсадной трубы, использование забойных двигателей-отклонителей или бурение через специально созданное узкое окно с последующей фиксацией клиновой направляющей. Подходящий метод определяется исходя из целевого назначения скважины, текущего состояния основного ствола, наличия необходимого оборудования и прогнозируемых показателей результата.

Накопленный опыт позволил сделать многоствольное бурение распространенным инструментом в отрасли. Разработаны оптимизированные режимы бурения, усовершенствованы конструкции нижнего сегмента бурильных колонн и состав буровых растворов. Средний срок строительства таких скважин составляет около 50 суток. Использование этих методов способствует значительному улучшению показателей эксплуатации месторождений и поддержанию стабильно высоких уровней добычи [3].

Технология Fishbones зарекомендовала себя эффективным методом в условиях карбонатных коллекторов, позволяя формировать короткие каналы без повреждения прилегающих зон загрязнения. Для её реализации необходим специальный хвостовик, оборудованный тонким набором титановосплавных трубок диаметром менее 0,7 см, расположенных вдоль всего открытого ствола и закручиваемых внутрь насосно-компрессорной трубы (НКТ) для экономии пространства (рисунок 2).

При подаче циркулирующего солевого раствора с содержанием соли порядка 14 % и задании определенных перепадов давления трубы раскрываются наружу через специальные отверстия в НКТ. Если же используется высококонцентрированный раствор кислоты, создаются условия для гидроразрыва пород посредством гидромониторных устройств диаметром 0,13 см, что обеспечивает проникновение трубок в глубину пласта на длину до 12 м, способствуя эффективному вскрытию запасов углеводородов.



Рис. 2. Секция Fishbones

Успешные стендовые испытания технологии «Fishbones» в карбонатных породах при различных значениях проницаемости, пористости и прочности на сжатие подтвердили ее эффективность и обеспечили внедрение в практику. Однако метод имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при его применении.

Одним из ключевых требований является соблюдение минимального радиального зазора между стенкой скважины и инструментом не менее 7 мм. Это необходимо для беспрепятственного выхода титановых трубок из корпуса перфоратора и их последующего внедрения в породу. Од-

нако в карбонатных скважинах этот параметр не всегда удается выдержать из-за недостаточного качества калибровки открытых стволов.

Несоблюдение требуемого радиального зазора увеличивает вероятность того, что трубы не смогут проникнуть в породу. В таких случаях они обвивают корпус и насосно-компрессорные трубы, что приводит к их нежелательному опусканию вглубь скважины.

Оценочная стоимость работ с применением технологии «Fishbones» составляет около 5 миллионов рублей за 1 метр при условии единовременной интенсификации.

Литература:

1. Калинин А. Г. Профили направленных скважин и компоновки низа бурильных колонн. — М.: Недра, 1995. — 305 с.
2. Калинин А. Г. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. — М.: Недра, 1997. — 648 с.
3. СТП 09100.17015.034–2012. Технология бурения боковых стволов. — Гомель, 2012. — 41 с.
4. СТП 09100.17015.026–2011. Технология и техника управления искривлением при бурении скважин и боковых стволов. — Гомель, 2011. — 60 с.

Проектирование устройства автоматического контроля уровня жидкости в резервуаре

Никитин Иван Васильевич, студент магистратуры
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске

В данной статье выполнено обоснование актуальности и представлены результаты проектирования устройства автоматического контроля уровня жидкости в резервуаре на уровне структурной схемы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания компактных и гибких систем управления жидкими средами, обеспечивающих поддержание заданного уровня жидкости методом прямого взвешивания, а также визуализацию параметров и интуитивную настройку порогов. Решением данной проблемы является проектирование программируемого микроконтроллерного устройства, обеспечивающего непрерывный мониторинг массы резервуара, автоматическое включение и отключение насоса и клапана для поддержания уровня в установленных пределах, а также ручную корректировку установок через простой пользовательский интерфейс.

Ключевые слова: автоматический контроль уровня, резервуар, микроконтроллерное управление, тензометрический датчик, прямое взвешивание, релейный регулятор, пользовательский интерфейс, ЖКИ-дисплей, программная настройка порогов.

Проектирование систем автоматизации для контроля уровня жидкостей в технологических резервуарах представляет собой актуальную задачу, направленную на повышение эффективности и надежности процессов в химической, пищевой, фармацевтической промышленности и сельском хозяйстве [1]. Современные исследования и практика показывают, что традиционные методы контроля уровня (поплавковые, емкостные, ультразвуковые датчики) могут обладать недостатками, такими как зависимость от свойств жидкости (электропроводность, диэлектрическая проницаемость), сложность установки и калибровки, а также ограниченная информативность [2]. В отличие от них, метод прямого взвешивания резервуара на тензометрических датчиках (весах)

обеспечивает высокую точность, универсальность по отношению к типу жидкости и позволяет непосредственно измерять ее массу, что является важным параметром для технологических рецептур. Актуальность разработки заключается в проектировании недорогого, автономного и легко настраиваемого устройства, которое совмещает в себе функции точного измерения, автоматического регулирования и удобного человеко-машинного взаимодействия.

Устройство автоматического контроля уровня в соответствие с заданными уставками является прибором, решающим задачу поддержания количества жидкости в резервуаре в заданных пределах путем управления исполнительными механизмами. Целью настоящего

исследования является проектирование программируемого микроконтроллерного устройства, обеспечивающего автоматическое управление насосом налива и клапаном (или насосом) стравливания на основе сигнала от модуля весов. Актуальность исследования обусловлена тем, что многие существующие решения для взвешивания являются либо слишком сложными и дорогими (промышленные контроллеры), либо недостаточно гибкими для тонкой настройки под конкретную установку. Одним из эффективных решений обозначенной проблемы является проектирование специализированного устройства на основе популярной микроконтроллерной платформы.

Предлагаемое устройство должно реализовывать следующие функции:

1. непрерывное измерение общей массы резервуара с жидкостью с помощью тензометрического модуля весов;
2. автоматическое поддержание уровня жидкости в заданном диапазоне путем включения/выключения на-

соса подкачки и клапана стравливания по релейному закону управления;

3. индикацию на графическом ЖКИ-дисплее текущей массы, заданного уровня, текущего режима работы и состояния исполнительных устройств;

4. пошаговую настройку всех параметров системы через интуитивный интерфейс с тремя кнопками («Режим», «Больше», «Меньше»);

5. возможность компенсации массы пустого резервуара (тарирование) для измерения только массы жидкости;

6. установку нижнего и верхнего порогов гистерезиса для предотвращения частых переключений исполнительных механизмов.

Структурная схема предлагаемого устройства, удовлетворяющего обозначенным функциональным требованиям, представлена на рис. 1. Основу управления системой составляет микроконтроллер, который выполняет функции сбора данных, обработки, управления и взаимодействия с пользователем [3].

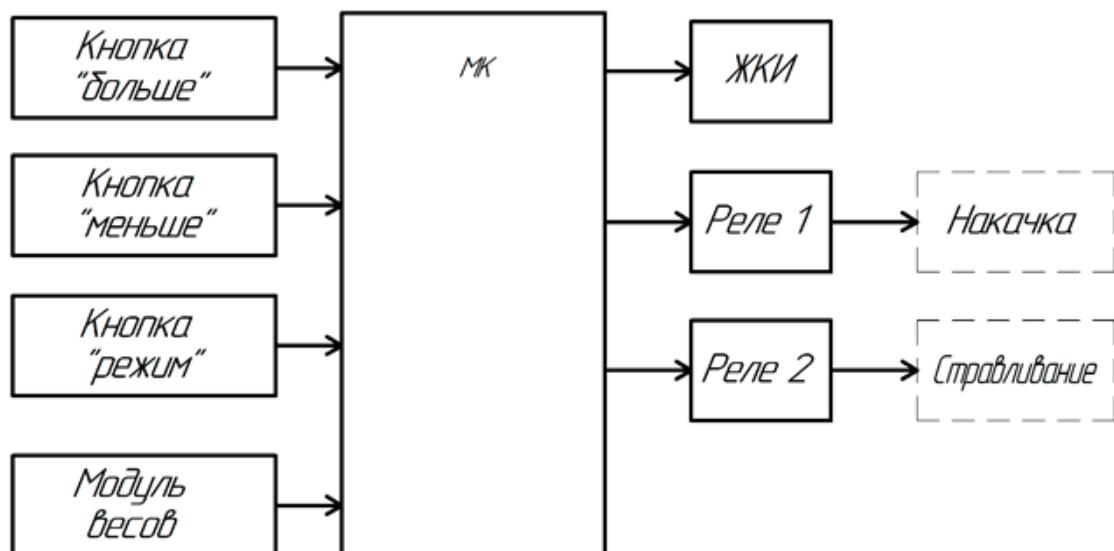


Рис. 1. Структурная схема устройства автоматического контроля уровня жидкости в резервуаре

Модуль весов на основе тензометрических датчиков и прецизионного АЦП (например, HX711) подключен к микроконтроллеру через последовательный интерфейс и передает данные о текущей массе резервуара. Полученное значение микроконтроллер корректирует на величину тары (массы пустого резервуара) и пересчитывает в проценты заполнения относительно заданного пользователем номинала.

Блок управления состоит из двух силовых реле (Реле 1 «Накачка» и Реле 2 «Стравливание»), которые коммутируют питание внешних исполнительных устройств. Логика управления реализуется программно: если текущий уровень ниже установленного нижнего порога, включается Реле 1; если уровень превышает верхний порог — включается Реле 2; в промежуточной зоне гистерезиса оба реле выключены.

Блок индикации и настройки включает в себя графический ЖКИ-дисплей для визуализации информации и три тактовые кнопки. Кнопка «Режим» обеспечивает циклическое переключение между рабочим экраном и конфигурационными меню: установка целевого уровня (в % или единицах массы), установка нижнего и верхнего порогов срабатывания, процедура тарирования (обнуления веса пустого резервуара). Кнопки «Больше» и «Меньше» служат для изменения значений в выбранном режиме настройки.

Таким образом, предложена структура программируемого устройства автоматического контроля уровня жидкости методом прямого взвешивания, представленная соответствующей структурной схемой, на которой отражены ключевые функциональные модули и интерфейсы взаимодействия. Разработанное устройство позволяет поддержи-

вать заданный уровень жидкости, обеспечивает высокую универсальность за счет независимости от типа среды и предлагает удобный пользовательский интерфейс для

настройки основных параметров, что способствует повышению уровня автоматизации технологических процессов, связанных с хранением и дозированием жидких продуктов.

Литература:

1. Кузнецов, Ю. В. Гидравлика для агротехников: учебник для СПО / Ю. В. Кузнецов, А. Г. Никифоров. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 196 с.
2. Лобов, Д. Г. Системы автоматического регулирования: учебное пособие / Д. Г. Лобов, Е. А. Гонтовой, Д. Б. Пономарев. — Омск: ОмГТУ, 2023. — 120 с.
3. Мартин Т. Микроконтроллеры Atmega. Семейство микроконтроллеров AVR. Вводный курс. — М.: изд. Додэка-XXI, 2010. — 296 с.

Интеграция мультимодальных решений «последней мили» в припортовой логистике морских портов

Поздняков Никита Витальевич, студент;

Максимов Андрей Алексеевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

В статье рассмотрена припортовая «последняя миля» как участок мультимодальной цепочки, где небольшая протяженность сочетается с высокой концентрацией потоков и жесткими ограничениями пропускной способности подъездов, КПП и технологических «горловин» терминалов. Показано, что именно на этом участке формируются очереди автотранспорта, рост времени оборота контейнеров и подвижного состава и, как следствие, снижение предсказуемости сроков доставки. На основе статистики и аналитических обзоров международных организаций и отраслевых данных обоснована необходимость смещения фокуса с «наращивания мощностей» на снижение вариативности времени операций через согласование расписаний, регламентацию взаимодействия и сквозную наблюдаемость событий. Систематизированы практики интеграции: развитие железнодорожных решений near/on-dock, вынос тыловых операций в сухие порты, тайм-слотинг автопотоков, событийная модель данных и управление очередями. Сформулированы приоритеты для российских портов с учетом роли железной дороги и пространственных ограничений припортовых зон.

Ключевые слова: припортовая логистика, последняя миля, мультимодальные перевозки, морские порты, пропускная способность, вариативность времени, устойчивость логистических цепочек.

Под «последней мильей» в припортовой логистике далее понимается совокупность операций по перемещению грузов между портом или терминалом и ближайшими звенями тыловой инфраструктуры (станции примыкания, автодорожная сеть, логистические парки, склады, промышленные потребители). Для припортового сегмента характерны крупнотоннажные партии, зависимость от окон судозаходов и ритмов перегрузки, а также высокая чувствительность к локальным ограничениям коротких участков сети (подъездные пути, КПП, узлы, «горловины» терминалов) [6; 7].

Даже при достаточной провозной способности магистральных плеч «узкие места» в припортовой зоне приводят к накоплению контейнеров, росту времени оборота автотранспорта и вагонов, затратам на хранение и снижению надежности сроков поставки. Международные обзоры подчеркивают, что восстановление отрасли после периодов перегруженности не устраняет риски сбоев изза внешних шоков и операционных неэффективностей (за-

торы, удорожание портовых операций) [1]. Для России проблема проявляется на фоне значительного объема морского грузопотока: грузооборот морских портов в 2024 г. составил 886,3 млн т (2,3 % к 2023 г.) [4]. В контейнерном сегменте фиксируется рост: контейнерооборот морских портов РФ по итогам 2024 г. составил 5,591 млн TEU (+12,7 % к 2023 г.), что усиливает требования к согласованию портовых операций с возможностями сухопутных подходов [3].

Ограничения припортового участка целесообразно группировать по четырем взаимосвязанным блокам. 1) Инфраструктурные ограничения подходов и узлов: концентрация потоков на ограниченной территории, конкуренция за улично-дорожное пространство, режимные зоны и процедуры контроля формируют «эффект бутылочного горлышка», когда выпуск груза ограничен не терминалом, а тыловыми подъездами [7]. 2) Организационно-технологическая несогласованность: морская составляющая ориентирована на судозаходы и судовые

партии, железнодорожная — на графики и формирование поездов, автомобильная — на окна въезда/выезда и городское регулирование; при отсутствии согласованного тайм-слотинга возникают пики и очереди [7]. 3) Информационная фрагментация: разрозненный обмен данными снижает наблюдаемость статуса груза и загрузки инфраструктуры; при этом международные оценки логистической эффективности усиливают фокус на «скорости и предсказуемости» на основе массивов данных отслеживания поставок, включая показатели времени в узлах [2]. 4) Внешние шоки и волатильность потоков: изменения маршрутизации и неритмичность прибытия судов усиливают колебания нагрузки на припортовые подъезды, что требует сценарного планирования и механизмов приоритизации потоков [1].

Практика управления припортовыми потоками показывает, что средние значения времени (например, среднее ожидание на въезде) недостаточно описывают качество логистики: критичным становится разброс фактических времен. Поэтому для «последней мили» целесообразно применять показатели вариативности — например, p95/p50 по времени ожидания на КПП и времени оборота автопоездов, коэффициент вариации по длительности вывоза контейнера после готовности к выпуску, а также долю операций, выходящих за заданный нормативный коридор. Снижение вариативности повышает предсказуемость цепочки и позволяет удерживать уровень сервиса без обязательного наращивания капиталоемкой инфраструктуры [2; 7].

Наиболее результативные решения опираются на перераспределение потоков между видами транспорта и на вынос части операций из припортовой зоны. Во-первых, развитие железнодорожных решений near/on-dock (погрузка контейнеров в поезд на территории порта или в непосредственной близости) уменьшает зависимость от пиковых автопотоков и снижает давление на городскую сеть. Во-вторых, формирование сухих портов и тыловых хабов позволяет переносить хранение, консолидацию и часть контрольных/оформительских процедур за пределы терминала, сокращая время пребывания контейнеров в порту и «разуплотняя» припортовое пространство. В-третьих, регламентированное управление автопо-

токами (тайм-слотинг, электронные очереди, предзаявка, накопительные площадки вне режимной зоны) слаживает пики и снижает очереди при минимальных капитальных вложениях, если увязано с планом терминала и расписанием тыловой инфраструктуры [7].

Цифровизация дает эффект только при согласованной модели данных и регламентов обмена. В передовой практике фиксируются ключевые события (прибытие судна, выгрузка, готовность к вывозу, назначение слота, выпуск груза, фактический выезд), после чего участники принимают решения по единому фактическому контуру, а не по разрозненным прогнозам [2]. Для припортовой «последней мили» это означает переход от обмена документами к обмену статусами и событиями, интегрированными с операционным планированием и управлением очередями.

Российские порты функционируют в условиях значительной роли железнодорожного транспорта и пространственных ограничений припортовых зон. Поэтому практический приоритет составляют: развитие припортовых железнодорожных узлов (удлинение приемоотправочных путей, оптимизация маневров, повышение доли маршрутных отправок), организационные меры повышения пропускной способности автоподходов (электронные очереди, слотирование, вынос накопителей), а также межведомственная координация на стыке «порт — город — инфраструктурные компании», закрепляемая в документах стратегического планирования транспортной системы [4; 5].

Интеграция мультимодальных решений «последней мили» должна рассматриваться как согласование временных, пространственных и информационных параметров на коротком, но критически важном участке цепочки поставок. Приоритетом становится управляемость вариативности времени операций, поскольку именно она определяет предсказуемость сроков и устойчивость мультимодальной перевозки. Комплексный эффект достигается при совместном применении инфраструктурных (near/on-dock rail, тыловые хабы) и организационно-информационных мер (тайм-слотинг, электронные очереди, событийная модель данных), что позволяет снижать затраты и издержки без «перегрева» капитальных программ и с учетом требований безопасности и городского регулирования.

Литература:

1. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2024. Geneva: United Nations, 2024. URL: unctad.org/system/files/official-document/rmt2024_en.pdf.
2. World Bank. Connecting to Compete 2023: Trade Logistics in an Uncertain Global Economy (Logistics Performance Index 2023). 2023.
3. Интерфакс. Контейнерооборот в российских портах в 2024 году вырос на 12,7 % [Электронный ресурс]. 28.01.2025. URL: interfax.ru/business/1005102.
4. Ассоциация морских торговых портов. Грузооборот морских портов России за январь-декабрь 2024 года.
5. Министерство транспорта Российской Федерации. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р.
6. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. 5th ed. Routledge, 2020.
7. Notteboom T., Pallis A., Rodrigue J.-P. Port Economics, Management and Policy. Routledge, 2022.

Управление складскими запасами в портовой зоне при высокой волатильности внешнего спроса

Поздняков Никита Витальевич, студент;

Максимов Андрей Алексеевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

В статье обосновывается необходимость адаптивного управления складскими запасами в портовой зоне при высокой волатильности внешнего спроса и вариативности портового цикла. Показано, что при ограниченной емкости складов и мощности грузообработки ключевым объектом управления становится не только величина запаса, но и его логистическое размещение между припортовой зоной и внешними узлами «последней мили». Предложена вероятностная схема параметризации страхового запаса и точек пополнения с учетом неопределенности спроса и времени пополнения, а также принцип распределенного буфера (портовой склад — сухой порт/внешний логистический центр — мультимодальные плачи). Практическая значимость подхода иллюстрируется статистикой грузооборота портов Дальневосточного бассейна, отражающей неоднородную динамику и риск локальных перегрузок.

Ключевые слова: припортовая логистика, управление запасами, страховой запас, мультимодальные перевозки, последняя миля, хинтерланд, порты Дальнего Востока.

Портовая зона является узловым звеном цепей поставок, где пересекаются потоки морского транспорта, терминалной обработки и вывоза в хинтерланд. Концентрация грузов, разнообразие номенклатуры и жесткие ограничения по территории и пропускной способности делают складскую подсистему порта «узким местом»: складские запасы одновременно поддерживают непрерывность грузообработки и сглаживают колебания спроса, но при этом конкурируют за дефицитные ресурсы площади и производительности [7].

Волатильность внешнего спроса усиливает разрыв между динамикой рынка и инерционностью портово-складской системы: изменяются маршруты, ритмичность судозаходов и графики вывоза, а резкое накопление запасов в порту приводит к росту времени пребывания груза и издержек хранения. Международные наблюдения фиксируют, что после улучшения портовой производительности в 2023 г. и начале 2024 г. уже к середине 2024 г. проявились признаки возврата перегрузок из-за отклонений маршрутов и ограничений пропускной способности отдельных транспортных коридоров [1, с. 93].

Для количественного описания «портового фактора» в управлении запасами применимы показатели времени судна в порту и времени пребывания груза в портовой зоне. Методология Container Port Performance Index основана на оценке эффективности через суммарное время пребывания судов в порту (vessel time in port) и рассматривает портовое время как экономически значимый ресурс для всей цепи поставок [3, с. 12–13]. На национальном уровне рост портовых мощностей дополнительно повышает требования к управляемости складских потоков: федеральный проект «Развитие опорной сети морских портов» предусматривает прирост мощностей морских портов Российской Федерации в 2025–2030 гг. более чем на 200 млн тонн [5].

С научно-методической позиции управление запасами в портовой зоне при волатильном спросе целесообразно

трактовать как задачу согласования трех контуров решений. Во-первых, контур спроса и сервиса задает целевые уровни обслуживания (вероятность дефицита, сроки выдачи/отгрузки, требования к «последней миле») и требует перехода от «средних» планов к вероятностным распределениям спроса. Во-вторых, контур портово-складской технологии описывает ограничения по емкости и производительности, режимам хранения и контролю, включая таможенные и технологические процедуры. В-третьих, контур мультимодальной «последней мили» и связности с хинтерландом определяет доступность вывоза (авто/железная дорога/каботаж и т. п.) и возможность вынесения части буфера во внешние узлы, что напрямую связано с конкурентоспособностью порта и качеством его хинтерландных связей [4].

В отличие от детерминированных моделей (EOQ и политики фиксированного интервала заказа без учета вариативности времени пополнения), для припортовых складов принципиально важен учет двух источников неопределенности: колебаний спроса на выдачу и разброса времени пополнения, обусловленного ожиданием судна, обработкой и контролем. В вероятностной постановке страховой запас в портовой зоне может быть параметризован как функция уровня сервиса и суммарной неопределенности спроса и времени пополнения:

$$ss = \sqrt{z^2 \sigma_D^2 + L^2 + \mu_D^2 \cdot \delta_L^2}, \text{ где } \mu_D \text{ и } \sigma_D \text{ — среднее и стандартное отклонение спроса за период, } L \text{ и } \sigma_L \text{ — среднее и стандартное отклонение времени пополнения, } z \text{ — коэффициент целевого уровня сервиса. Для портовой логистики вклад } \sigma_L \text{ часто сопоставим с вкладом } \sigma_D, \text{ что делает управление вариативностью портового цикла (включая ожидание и очередь) критическим фактором [3, с. 12–13].}$$

Полученная оценка страхового запаса используется для настройки политики пополнения/вывоза. В базовой форме точка заказа (reorder point) для непрерывного кон-

троля может быть записана как $ROP = \mu_D \cdot L + S$, а в периодическом контроле — как целевой уровень запаса S , корректируемый по фактическому разбросу спроса и времени пополнения. Однако в портовой зоне эти правила должны дополнительно учитывать жесткие ограничения по емкости: складская вместимость (в паллетоместах/TEU или в тоннах) и технологические «окна» обработки задают верхнюю границу допустимого запаса в порту. Поэтому адаптивная политика включает не только расчет SS и ROP , но и правило «выталкивания» избыточного буфера во внешний узел при достижении предельной загрузки, чтобы не провоцировать рост времени пребывания и потерю пропускной способности.

Интеграция мультимодальных решений «последней мили» позволяет преобразовать структуру страхового запаса без снижения уровня сервиса за счет пространственного перераспределения буферов. Принцип распределенного буфера предполагает, что в портовой зоне удерживается минимально необходимый запас для оперативной готовности, а дополнительный буфер формируется за пределами порта (сухой порт, региональный логистический центр) и подключается через заранее согласованные маршруты вывоза. В таком контуре часть буфера приобретает форму «подвижного запаса» в транспортной системе, снижая пиковые нагрузки на портовые склады и повышая устойчивость к краткосрочным шокам [4, с. 4].

С практической точки зрения ключевым становится управление дисперсией времени пополнения σ_L . Она складывается из компонентов портового цикла (ожидание судна/очередьность, фактическая скорость обработки, длительность контрольных процедур) и компонентов «последней мили» (доступность тяги, пропускная способность подходов, устойчивость графика железнодорожных отправок). Соответственно, снижение σ_L достигается не только складскими решениями, но и организацией регулярных мультимодальных каналов вывоза (пакетирование заявок, фиксированные «слоты» на отправку, резервирование мощности на пиковые недели), что переводит реакцию на волатильность из режима «пожарного управления» в режим предсказуемых процедур.

Применительно к портам Дальнего Востока Российской Федерации актуальность распределенного подхода усиливается сочетанием высокой экспортно-импортной концентрации, сезонности и большой протяженности плеч доставки в hinterland. По данным Ассоциации морских торговых портов, грузооборот морских портов России за январь–апрель 2024 г. составил 288,4 млн тонн ($-4,3\%$), при этом по структуре грузов наблюдались разнонаправленные сдвиги: перевалка грузов в контейнерах достигла 18,3 млн т ($+10,9\%$), зерна — 25,3 млн т ($+11,8\%$), минеральных удобрений — 13,9 млн т ($+32,3\%$), в то время как уголь — 59,5 млн т ($-15,0\%$) [6].

В Дальневосточном бассейне за январь — апрель 2024 г. грузооборот составил 75,1 млн тонн ($-3,2\%$), из них сухие грузы — 47,7 млн т ($-5,8\%$), наливные —

27,4 млн т ($+1,6\%$). Динамика отдельных портов существенно различалась: Восточный — 29,3 млн т ($-2,5\%$), Владивосток — 12,3 млн т ($+11,8\%$), Ванино — 9,2 млн т ($-24,4\%$), Находка — 9,6 млн т ($+1,3\%$) [6]. Такая неоднородность означает, что «унифицированная» складская политика по бассейну усиливает риск локальных перегрузок: в одних узлах накапливаются избыточные буферы, в других — возрастает вероятность дефицитов при выдаче/отгрузке.

Для дальневосточных портов распределенное управление запасами логично увязывать с hinterlandной инфраструктурой (железнодорожные подходы, внутренние терминалы, внешние склады консолидации), формируя контур «порт — сухой порт — региональные распределительные центры». При этом целесообразна дифференциация по грузовым группам: для контейнерных и высокооборотных грузов — ориентация на минимизацию времени пребывания в порту и перенос части буфера во внешний узел; для сезонных или регламентируемых грузов — отдельные режимы хранения и «окна» обработки, чтобы не смешивать потоки с разными ограничениями. В рамках планируемого наращивания портовых мощностей (2025–2030 гг.) особенно важно, чтобы прирост грузооборота сопровождался развитием распределенной складской сети и процедур управления пиковыми нагрузками, иначе эффекты инвестиционного расширения будут частично «съедены» ростом внутрипортовых задержек [5].

Практическая реализация адаптивного управления запасами в портовой зоне включает: сбор фактических рядов спроса на выдачу/отгрузку и времени пополнения (в том числе по компонентам портового цикла); оценку μ_D , σ_D , L и δ_L и периодическую переоценку параметров при изменении структуры грузов; выбор целевого уровня сервиса по сегментам клиентов и критичности грузов; расчет SS и ROP /целевого уровня S ; задание правил перераспределения буфера между портовой зоной и внешним узлом при достижении порогов загрузки; увязку правил с графиками мультимодального вывоза. Для управляемости процесса рекомендуется вести единый набор KPI: уровень сервиса (доля заявок без дефицита), среднее время пребывания груза в порту, оборачиваемость запаса, совокупные затраты хранения и обработки, доля буфера вне портовой зоны, а также индикаторы вариативности времени пополнения (δ_L) как первопричины перегрузок [3, с. 12–13].

Отдельного внимания требует цифровое обеспечение контура управления. На практике параметры μ_D , σ_D , L и δ_L целесообразно оценивать по интегрированным данным терминальных систем (TOS), складских систем (WMS) и «окна» транспорта (заявки на вывоз, фактические отправки, ожидание на подходах). Это позволяет строить контрольные карты загрузки склада и времени пребывания груза, выделять «аномальные» недели и заранее переключать часть потоков во внешний узел. При наличии регулярных железнодорожных отправок/авто-

вывозов полезно фиксировать пропускную способность «последней мили» как ограничение в расчетах, чтобы решение о переносе буфера было согласовано с реальными транспортными ресурсами. Такая связка управленческой модели с измеримыми временными показателями соответствует логике оценки портовой эффективности через портовое время и позволяет переводить решения по запасам в формат воспроизводимых процедур [3, с. 12–13].

При высокой волатильности внешнего спроса устойчивость припортовой логистики достигается не нара-

щиванием запасов в пределах порта, а управлением их распределением в системе «порт — хинтерланд» и снижением вариативности времени пополнения через мульти-модальную связность. Для портов Дальнего Востока, где наблюдаются значимые колебания по грузообороту и высокая зависимость от транспортных плеч вывоза, аддитивные политики страхового запаса и распределенные буферы выступают практическим инструментом сокращения времени пребывания грузов в портовой зоне при сохранении заданного уровня сервиса [6; 5].

Литература:

1. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2024: Navigating maritime chokepoints. Geneva: United Nations Conference on Trade and Development, 2024.
2. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2023: Towards a green and just transition. Geneva: United Nations Conference on Trade and Development, 2023.
3. The World Bank. The Container Port Performance Index 2023: A Comparable Assessment of Performance Based on Vessel Time in Port. Washington, DC: World Bank, 2024.
4. Merk O., Notteboom T. Port Hinterland Connectivity. ITF Discussion Paper. Paris: International Transport Forum / OECD, 2015.
5. Министерство транспорта Российской Федерации. Эксперты обсудили перспективы развития российского водного транспорта: пресс-центр Минтранса России, 19.11.2025.
6. Ассоциация морских торговых портов. Грузооборот морских портов России за 4 месяца 2024 г.: статистическая информация, 18.05.2024.
7. Кузнецов А. Л., Лаврентьев А. В. Портовая логистика и управление грузопотоками. М.: Транспорт, 2021.

Использование полимерных труб в нефтяной и газовой промышленности в Республике Казахстан

Шестаков Сергей Николаевич, слушатель программы МВА
Maqsut Narikbayev University (г. Астана, Казахстан)

Нефтяная и газовая промышленность является ключевой отраслью экономики Республики Казахстан, обеспечивая значительную часть экспорта и бюджетных поступлений. Традиционно в этой сфере доминируют стальные трубы благодаря их прочности и способности выдерживать высокое давление. Однако в последние годы все большую популярность набирают полимерные трубы — из полиэтилена высокой плотности (HDPE/ПНД), стеклопластика (fiberglass/GRE) и полимерно-армированные композиционные материалы. Эти материалы предлагают преимущества в борьбе с коррозией, снижении веса и эксплуатационных затрат, что особенно актуально в агрессивных условиях казахстанских месторождений, где присутствуют сероводород, углекислый газ и высокая обводненность. Полимерные трубы применяются для внутримысловых трубопроводов, нагнетательных систем, сбора и транспортировки нефти, газа и воды, а также в некоторых случаях для обсадки скважин и линий закачки.

Преимущества полимерных труб в нефтегазовой отрасли

Полимерные трубы включая полиэтиленовые (ПЭ), полипропиленовые (ПП), стеклопластиковые (GRP/GRE), гибкие полимерно-армированные (RTP) и другие композитные материалы, всё активнее применяются в нефтегазовой отрасли Казахстана как альтернатива традиционным стальным трубам. Это связано с уникальными условиями казахстанских месторождений таких как Тенгиз, Кашаган, Караганда, где нефть и газ часто содержат высокие концентрации сероводорода (H_2S), углекислого газа (CO_2), солей и воды, вызывающих интенсивную коррозию металла. В данной статье приведён детальный анализ преимуществ, подкреплённый исследованиями из отрасли, с учётом локального контекста. Высокая коррозионная стойкость полимерных труб является ключевым преимуществом в агрессивной среде. Стальные

трубопроводы в нефтегазовой отрасли Казахстана подвержены быстрой коррозии: до 70 % отказов металлических труб вызвано именно коррозией, особенно в сероводородсодержащих средах таких как H₂S-коррозия, сульфидное растрескивание и т. д. Полимерные материалы (ПЭ, ПП, стеклопластик, PVDF) полностью инертны к сероводороду, углекислому газу, солям и кислотам. Они не требуют ингибиторов коррозии или дорогих антикоррозионных покрытий.

Например, на месторождении Кашаган, одном из самых сероводородных в мире, недавно завершён проект 42 км трубопровода из высокомодульного полипропилена для закачки перегретого пара под давлением 16 МПа. Тепловая эффективность составляет 98 % против 89 % у изолированной стали. Стеклопластиковые трубы увеличивают срок службы трубопроводов в 5–8 раз по сравнению со сталью, особенно в системах нагнетания воды и сбора нефти.

Учитывая экономическую эффективность и снижение затрат для проектов необходимо упомянуть, что гибкие полимерно-армированные трубы позволяют снизить затраты на 30 % по сравнению со стальными (за счёт лёгкости, быстрого монтажа и отсутствия сварки). Лёгкий вес полимерных труб, который в 4–8 раз легче стали, уменьшает транспортные расходы и упрощает прокладку в сложном рельфе Казахстана, состоящим в основном из степей, болота и сейсмоактивных зон. Срок службы данного вида труб составляет 50 лет без ремонта, против 10–20 лет у стали в агрессивных условиях является явным признаком долговечности.

Для перспективы развития рынка полимерных труб и обрабатывающей промышленности, правительство Республики Казахстан активно стимулирует локализацию производства, импортозамещение и новые мощности, такие как внутрипромысловые трубопроводы, системы поддержания пластового давления, нагнетания и сбора сточных вод. Проекты по полиэтиленовым заводам увеличат доступность сырья. Ожидается рост рынка полимерных труб за счет модернизации инфраструктуры и фокуса на экологичности.

Во многом государство видит потенциал в таких проектах как Тенгиз, Кашаган и Караганда. Так, в 2025 году в Мангистауской области был открыт цех по производству гибких полимерно-армированных труб с мощностью производства 300 км/год. Инвестиции в производство составили 3,5 млрд тенге — первое изолированное локальное производство в РК для нефтегазовой отрасли. Кроме этого, были открыты заводы в таких городах как Актобе, Мангистау, Алматы, Шымкенте по производству ПЭ-труб для газа и воды, а также расширяют производственные мощности для нефтегазовой отрасли, где диаметр труб составляет порядка 630 мм. Посредством косвенного внедрения через локальное производство и диверсификацию в 2003 году компания Chevron (основной акционер Тенгизшевроил) запустила Атырауский завод полиэтиленовых труб, как часть обязательств по диверсификации экономики Казахстана. Это первое в РК производство полимерных (HDPE) труб, ориентированное на нужды нефтегазовой отрасли, включая Тенгиз. Завод производит трубы для водоснабжения, закачки и вспомогательных систем. Полимерные трубы с Тенгиза используются для переработки сырья в полипропилен и полиэтилен на новых нефтехимических проектах (например, заводы в СЭЗ Карабатан).

Это не прямой внутрипромысловый трубопровод, но вклад в инфраструктуру Тенгиза: снижение зависимости от импортных стальных труб и переход на коррозионностойкие полимерные для неагрессивных сред (вода, стоки). В соответствии с прогнозом до 2030 года рост рынка полимерных труб в Казахстане значительно увеличится за счёт инфраструктуры. Дальнейшее импортозамещение и локализация сырья пока сделают их ещё доступнее.

Рассматривая технические и эксплуатационные преимущества полимерных труб, необходимо остановиться на их гидравлической эффективности. Гладкая внутренняя поверхность (шероховатость ~0,01 мм против 0,5 мм у стали) снижает гидравлическое сопротивление, уменьшает отложения парафина и асфальто-смоло-парафиновые отложения. Гибкость и упрощенный монтаж RTP труб позволяют их использовать в бухтах. Монтаж такого вида труб не требуют сварки, идеальны для реверсивных систем и обустройства месторождений. Современные марки полимерных труб (PP-HM, PA11/12, HDPE) выдерживают до 180 атмосфер и температуры от -60°C до +95°C, с теплоизоляцией или электроподогревом. С точки зрения экологичности полимерные трубы не имеют утечек из-за коррозии, и как результат снижается риск аварий и загрязнения, что является актуальным для Каспийского региона Казахстана. В проектах расширения Future Growth Project, завершённый в 2025 году, и управления устьевым давлением акцент на снижение коррозии привёл к тестированию и внедрению неметаллических решений в вспомогательных системах (водоводы, пожаротушение, низконапорные линии).

Аналогично Кашагану, где полимерные трубы являются стандартом для высокосернистых сред, на Тенгизе RTP и GRE применяются в пилотных проектах для напорного трубопровода и топливопровода высокого давления. Однако основные магистрали остаются стальными с ингибиторами из-за сверхвысокого давления и температуры.

Несмотря на преимущества, полимерные трубы пока не доминируют в магистральных высокодавленческих линиях, например, таком, как Каспийский Трубопроводный консорциум, где преобладает сталь. Однако для внутрипромысловых сетей их доля растет. В качестве примера предлагаем рассмотреть кейс внедрения полимерных труб на месторождении Тенгиз. Месторождение Тенгиз, оператором которого является ТОО «Тенгизшевройл», является одно из крупнейших в мире месторождений с высокой сернистостью (содержание H₂S до 20–25 %, CO₂, солёная вода), что делает коррозию стальных трубопроводов критической проблемой. Полимерные и композитные трубы здесь применяются для систем закачки воды, сбора продукции, утилизации стоков и вспомогательных линий. Однако публично докумен-

тированных крупномасштабных кейсов внедрения полимерных трубопроводов на Тенгизе относительно немного по сравнению с месторождением Кашаган.

Таблица 1

Месторождение	Уровень внедрения полимерных труб	Примеры применения	Причина высокого внедрения
Кашаган	Высокий (крупные проекты, десятки км)	PP-HM для пара, GRE для воды/сбора	Экстремальная сернистость
Тенгиз	Средний (вспомогательные системы, локальное производство)	HDPE для воды, GRE для закачки	Сернистость + расширение проектов
Карачаганак	Средний	RTP/GRE для стоков	Газоконденсат

Как было упомянуто ранее, полимерные трубы обладают рядом ключевых преимуществ по сравнению со стальными трубами. В нижеприведенной таблице приведены сравнительные обобщенные данные полимерных труб со стальными трубами.

Таблица 2

Параметр	Полимерные трубы	Стальные трубы
Коррозионная стойкость	Полная (к H ₂ S, CO ₂ , солям)	Низкая, требует защиты
Срок службы	>50 лет	10–20 лет в агрессивных средах
Вес	В 4–8 раз легче	Тяжёлые
Монтаж	Быстрый, без сварки	Сварка, тяжёлая техника
Затраты на эксплуатацию	Низкие (нет ремонта)	Высокие (ингибиторы, ремонт)
Гидравлика	Лучшая (меньше отложений)	Хуже (парафин, коррозия)
Стоимость проекта	На 30 % ниже	Выше

В заключение хотелось бы еще раз отметить, что полимерные трубы — стратегическое решение для нефтегазовой отрасли Казахстана, где агрессивные среды и логистические вызовы делают сталь устаревшей. Их внедрение повышает надёжность, снижает затраты и поддерживает экологическую безопасность, особенно на гигантских месторождениях вроде Кашагана и Тенгиза. Дальнейшее развитие производства в РК усилит эти преимущества.

В качестве преимуществ, реализованных на Тенгизском месторождении, является снижение коррозии: в сернистых условиях сталь требует частой замены, а полимеры — нет. Со стороны экономических показателей — лёгкий монтаж, снижение ОРЕХ расходов на ингибиторы и ремонт, трубы из местного производства снижают затраты на транспорт и логистику. С экологической точки зрения уменьшилось количество утечек, что актуально для прикаспийского региона.

В перспективе на 2025–2030 годы из-за завершения FGP (увеличение добычи нефти и газа до ~1 млн барр/сут) и фокусом на импортозамещение, ожидается рост использования труб типа RTP/GRE на Тенгизе, особенно в системах поддержания пластового давления и утилизации. Локальные заводы, включая Атырауский завод, расширяют ассортимент для нефтегазовой отрасли.

В целом, прямой «флагманский» кейс как на Кашагане отсутствует в открытых источниках, но полимерные трубы уже интегрированы в инфраструктуру Тенгиза через локальное производство и вспомогательные системы, с потенциалом роста. Это стратегический шаг проекта Тенгиз Шевроил по повышению надёжности в агрессивных условиях.

В 2024–2025 годах наблюдалось активное сотрудничество с российскими производителями такими как ЗСТ, СКТ-СЕРВИС, Полипластик и различными международными поставщиками. По прогнозам, к 2030 году доля полимеров в сетях водоснабжения и водоотведения и газовых сетях достигнет 90 %, с потенциалом в нефтегазовой отрасли.

Использование полимерных труб в нефтяной и газовой промышленности Казахстана — это шаг к повышению эффективности, снижению затрат и продлению срока службы инфраструктуры. Хотя стальные трубы остаются основой для высокодавленческих магистралей, полимеры уже доказали свою ценность в коррозионно-агрессивных условиях. Дальнейшее развитие зависит от инвестиций в локальное производство и нормативную базу, что позволит отрасли перейти к более современным и устойчивым решениям.

Литература:

- Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства, <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1200002050>.

2. Проблемы применения полимерно-армированных труб на объектах промысловых нефтегазопроводов. <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-primeneniya-polimerno-armirovannyh-trub-na-obektah-promyslovyh-neftegazoprovodov?ysclid=mibmzhfuct159754702>.
3. Ягафаров А. В. Сравнительный анализ материалов труб нефтегазовой промышленности//Форум молодых ученых. 2020. № 2 (42). С. 426–430.
4. Экспериментальное исследование прочности армированных труб для транспорта газа. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnoe-issledovanie-prochnosti-armirovannyh-trub-dlya-transporta-gaza>.
5. Увеличение потребления полимерных труб поможет развитию нефтегазохимии URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/730/?ysclid=mid1e9kihy153980307>.
6. Концепция развития нефтеперерабатывающей отрасли Республики Казахстан на 2025–2040 годы, <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2500000549>.
7. Полимерные армированные трубы — материал будущего? <https://nprom.online/technology/polimernye-armirovannyе-truby-material-budushhego/?ysclid=mid33oxuf0622735230>.
8. Гибкие полимерно-армированные трубы — новое слово в оснащении нефтегазовых объектов <https://marketing.rbc.ru/articles/12573/?ysclid=mid3iekzq6902843353>.
9. Транспортировка нефти <https://ar2020.kmg.kz/ru/strategic-report/operating/oil-transportation?ysclid=mid3oytxzb577232216>.
10. Национальный инфраструктурный план Республики Казахстан до 2029 года утвержденный Постановление Правительства Республики Казахстан от 25 июля 2024 года № 606.

Повышение надежности судовых дизельных установок при эксплуатации в условиях Арктики

Якушевский Александр Николаевич, студент;

Бурмистров Артём Алексеевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

Арктическая эксплуатация судовых дизельных установок сопровождается повторяющимися низкотемпературными циклами, обледенением и виброударной нагрузженностью ледового плавания, изза чего растет доля отказов топливной, масляной и теплообменной подсистем. В работе предложена компактная методика анализа надежности, основанная на Polar Service Temperature (PST) и эксплуатационных данных судна: формирование «карты отказов» по цепочке «нагрузка—подсистема—деградация параметра—отказ—признаки—данные», а также расчет MTBF, интенсивности отказов и коэффициента готовности с нормированием по холодовой экспозиции и числу холодных пусков. Подход позволяет сопоставлять рейсы различной суровости и выбирать адресные меры зимизации и мониторинга состояния.

Ключевые слова: судовые дизельные установки, Арктика, надежность, холодный пуск, холодотекучесть топлива, зимизация, Polar Code, коэффициент готовности, мониторинг состояния.

Надежность судовых дизельных установок в Арктике определяется не только ресурсом узлов, но и средовыми воздействиями и режимами, прежде всего повторяемыми циклами «охлаждение—пуск—прогрев», обледенением и виброударными нагрузками ледовой проводки. Polar Code требует назначать для судна Polar Service Temperature (PST) с запасом относительно минимальных температур района и сезона плавания (в частности, PST принимается не менее чем на 10 °C ниже наименьшей средней суточной минимальной температуры для предполагаемого района) [4]. Поэтому PST целесообразно использовать как единую «нормативную шкалу» для сравнения рейсов и интерпретации отказов.

Практики зимизации (winterization) в правилах классификационных обществ ориентируют на обеспечение

работоспособности машинных систем в низких температурах за счет инженерных и организационных мер (обогрев/изоляция, защита трубопроводов, контуры контроля, регламенты) [1]. В прикладных работах по арктической надежности подчеркивается необходимость связывать события отказов с режимами и средой, а не только с календарной наработкой [3].

Дизельная установка представляется как набор подсистем: топливоподготовка и впрыск; смазка; охлаждение и теплообмен; воздухоподача и наддув; автоматика и КИП; силовая часть и фундамент. Для каждой подсистемы формируется трассируемая «карта отказов» по схеме «нагрузка → уязвимый элемент → деградация параметра → функциональный отказ → диагностические признаки → подтверждающие данные». Это переводит разбор

отказов в формат, пригодный для сопоставимых статистических оценок и аудита причин.

Показатели MTBF, интенсивность отказов λ и коэффициент готовности Kg рекомендуется рассчитывать не только по календарным интервалам, но и с учетом «дозы» холодовой нагрузки. Для нормирования вводится индикатор холодовой экспозиции E_{cold} (суммарный температурный дефицит относительно PST во времени) и число холодных пусков N_{start} . Тогда сравнение «до/после» мероприятий и сопоставление разных рейсов выполняется при близких E_{cold} и N_{start} , что снижает риск ошибочных выводов при изменении сировости навигации.

В топливной системе ключевой риск связан с холодотекучестью и фильтруемостью топлива: рост перепада давления на фильтрах, нестабильность подачи на вход аппаратуре, пропуски воспламенения и остановы на переходных режимах. Практически используются показатели CP/PP/CFPP; при этом CFPP наиболее напрямую связан с риском закупорки фильтра кристаллами парафинов и ростом сопротивления [6]. Стандарт ISO 8217 (в национальной адаптации) фиксирует, что отдельный показатель (например, PP) не гарантирует пригодность, а эксплуатант должен удостовериться в соответствии холодовых характеристик конструкции судовой топливной системы и маршруту [2]. Следовательно, свойства топлива и режимы кондиционирования (включение подогрева, фактические температуры топлива, частота замен фильтров) должны входить в доказательную базу расследования отказов.

В системе смазки наиболее уязвим холодный запуск: повышенная вязкость и задержка выхода давления/расхода ухудшают формирование масляной пленки и ускоряют изнашивание. Для снижения неопределенности в решениях по ТО целесообразна трендовая интерпретация анализа отработанного масла и связка результатов с режимными метками «холодный пуск/прогрев» [6]. Для контуров охлаждения и автоматики типичны отказы по параметрам и вторичные остановы из-за обмерзания дренажей и импульсных линий датчиков, ложных сигналов и некорректных защит. Ледовые виброударные воздействия повышают вероятность разгерметизации и ослабления крепежа, поэтому в учет отказов полезно включать признаки ледовой нагруженности рейса (участки ледового плавания, режим проводки).

Литература:

1. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 3. Ч. XVII. Дополнительные знаки символа класса и словесные характеристики, определяющие конструктивные или эксплуатационные особенности судна (в т. ч. разд. 7 «Требования по оборудованию судов для обеспечения длительной эксплуатации при низких температурах»). НД № 2-020101-082. Санкт-Петербург: Российский морской регистр судоходства, 2015.
2. ГОСТ Р 54299–2010 (ISO 8217:2010). Топлива судовые. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2012. 34 с.
3. Мосейко Е. С., Ольховик Е. О. Оценка надежности судовых механических систем для арктического судоходства // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2022. Т. 14. № 1. С. 120–128.

Регуляторные изменения усиливают влияние топливного фактора: поправками к MARPOL Annex I введены ограничения на использование и перевозку для использования тяжелого топлива (HFO) в арктических водах, применяемые с 1 июля 2024 года при наличии исключений/переходных механизмов [5]. Переход на иные топлива способен изменить вязкость и режимы фильтрации/подогрева и тем самым перераспределить доли отказов в топливной и смежных подсистемах, что следует учитывать при анализе динамики λ и Kg .

Технические меры зимизации следует концентрировать в «критических точках» потоков: предпусковой подогрев, теплоизоляция и теплотрассировка трубопроводов и арматуры, поддержание температур в зонах фильтрации и сепарации, защита импульсных линий КИП и дренажей от замерзания, а также регламент прогрева и ограничения нагрузки на переходных режимах [1]. Для топливной системы практический эффект дают контроль температуры топлива в линиях низкого давления и на входе аппаратуры, мониторинг перепадов давления на фильтрах и управление запасом фильтроэлементов. При работе на дистиллятных топливах необходимо дополнительно контролировать фактическую вязкость/давления и учитывать состояние аппаратуры, чтобы избежать недоподачи и вторичных остановов [2].

Организационные меры включают рискориентированное планирование ТО перед входом в районы с ограниченной ремонтопригодностью, расширенные контрольные операции перед длительными холодными переходами, управление запасом критических расходников и обучение экипажа типовым сценариям отказов в холода. Эффект мероприятий корректно оценивать по схеме «до/после» с нормированием на E_{cold} и N_{start} , чтобы отделить влияние мер от изменения сировости навигации.

Использование PST как нормативной температурной шкалы, трассируемой «карты отказов» и нормирования показателей MTBF/ λ /Kg по холодовой экспозиции и числу холодных пусков позволяет сопоставимо оценивать надежность дизельных установок в Арктике и выбирать адресные меры зимизации и мониторинга состояния. Учет свойств топлива и изменений регулирования (включая ограничения на HFO) повышает корректность интерпретации причин отказов и управляемость эксплуатационной готовности [5].

4. International Maritime Organization. International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code): Text as adopted. London: IMO, 2015.
5. International Maritime Organization. Resolution MEPC.329(76) (adopted on 17 June 2021): Amendments to MARPOL Annex I (Prohibition on the use and carriage for use as fuel of heavy fuel oil by ships in Arctic waters). London: IMO, 2021.
6. CIMAC WG7 Fuels. CIMAC Guideline: Cold flow properties of marine fuel oils. 2015.

Метрологически обеспеченный протокол вибродиагностики и инфракрасной термографии для контроля технического состояния судовых систем

Якушевский Александр Николаевич, студент;

Бурмистров Артём Алексеевич, студент

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток)

Обоснован протокол, объединяющий вибродиагностику и инфракрасную термографию в единую измерительную процедуру для мониторинга состояния судовых машин и систем. Вибрационные признаки позволяют выявлять динамические дефекты (дисбаланс, несоосность, повреждения подшипников и передач), а термография подтверждает их энергетические последствия и выявляет тепловые аномалии узлов трения и электрооборудования. Структура протокола включает выбор критичных объектов, «карту измерений» с фиксированными точками и режимами, требования к метаданным (крепление и ориентация датчика; эмиссия, отраженная температура, геометрия съемки) и оценку по baseline и трендам. Нормативная основа: мониторинг состояния, оценка вибрации, процедуры термографии и требования к компетенциям персонала.

Ключевые слова: судовые системы, контроль технического состояния, вибродиагностика, инфракрасная термография, метрологическое обеспечение, карта измерений, мониторинг состояния, верификация признаков.

Контроль технического состояния (КТС) судовых машин и систем в рейсовой эксплуатации требует сопоставимости измерений во времени и между исполнителями. Раздельное применение методов КТС повышает риск пропуска ранних стадий: механические повреждения часто проявляются сначала в изменении вибрационного спектра и тренда, тогда как деградация контактов и нарушения теплоотвода — в температурной аномалии. Поэтому вибродиагностику и инфракрасную термографию целесообразно рассматривать как взаимодополняющие каналы в рамках единого протокола [1].

Вибрационные измерения информативны для выявления дисбаланса, несоосности, ослаблений креплений, дефектов подшипников и зубчатых передач, а также кавитационных режимов насосов. Для судовых дизелей важен учет факторов, влияющих на вибрацию при эксплуатации и ремонте, включая особенности цилиндропоршневой группы [3]. Термография фиксирует аномальные тепловые поля, отражающие рост потерь на трение и контактных сопротивлениях, перегрузки и дефекты соединений в электрооборудовании [5].

Нормативно-методическая основа протокола: общие требования к измерению и оценке вибрации машин, включая разделение измерений абсолютной вибрации на невращающихся частях и относительной вибрации вала бесконтактными датчиками [4]; общие процедуры термографии [5]; требования к квалификации персонала, выполняющего виброанализ и термографию [2; 6]. Сле-

довательно, «метрологическая корректность» определяется сочетанием характеристик средств измерений и воспроизводимости процедур (точки, режимы, параметры съемки/регистрации, документирование).

Выбор объектов контроля выполняется по критичности и типовым сценариям отказов. В протокол целесообразно включать: двигатели и турбокомпрессоры, насосные агрегаты систем топлива/масла/охлаждения, редукторы и передачи, подшипниковые опоры и муфты, а также распределительные устройства и силовые соединения. Для механической части приоритетны узлы с врачающимися массами и подшипниками; для термоконтроля — зоны трения, уплотнений и элементы электрических контактов, где перегрев часто является ранним признаком деградации [5].

Воспроизводимость обеспечивает «карта измерений» — фиксированный перечень точек контроля и паспортных режимов. Для вибродиагностики точки задаются на корпусах подшипников и опорах, на крышках редукторов вблизи зон зацепления, на корпусах насосов/электродвигателей. В карте обязательно фиксируются ориентация датчика и способ крепления, а также параметры регистрации, влияющие на верхнюю границу достворного частотного диапазона [4]. Если доступны валовые измерения, документируются тип бесконтактного датчика и место установки [4].

Для термографии карта включает зоны интереса (ROI) и опорные точки температуры (подшипниковые узлы,

муфты, уплотнения, участки трубопроводов, электрические соединения). В протоколе фиксируются эмиссия поверхности и отраженная кажущаяся температура, расстояние и угол визирования, оптика и диапазон измерений, поскольку эти параметры существенно влияют на результат и его сопоставимость [5]. Для низкоэмиссионных металлических поверхностей допускается применение высокоеэмиссионной метки с обязательной фиксацией в отчете [5].

Сопоставимость данных достигается привязкой измерений к режимам работы. Для вибрации целесообразно регистрировать холостой ход и рабочую нагрузку, фиксируя частоту вращения и ключевые технологические параметры; без этого тренд может отражать изменение режима, а не деградацию [1]. Для термографии важны сопоставимая нагрузка и выдержка времени до съемки; для электрооборудования предпочтителен анализ разностей температур (ΔT) и сравнение однотипных элементов при одинаковой нагрузке [5].

Практическая последовательность обследования в рамках одного выхода в машинное отделение должна быть задана явно и воспроизводимо: (1) фиксация режимных параметров и времени стабилизации, (2) виброзмерения по карте точек с контролем крепления и ориентации датчика, (3) термографическая съемка тех же узлов и электрооборудования, (4) первичная фильтрация артефактов по метаданным (режим, эмиссия/угол визирования, условия вентиляции), (5) сопоставление результатов и формирование диагностической гипотезы, (6) при необходимости — повторное подтверждение в сопоставимых условиях. Такая процедура снижает влияние человеческого фактора и обеспечивает трассируемость результата [1; 5].

Литература:

- ГОСТ Р ИСО 17359–2015. Контроль состояния и диагностика машин. Общее руководство. М.: Стандартинформ, 2019. 32 с.
- ГОСТ Р ИСО 18436–2–2015. Контроль состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 2. Вибрационный контроль состояния и диагностика. М.: Стандартинформ, 2016. 38 с.
- Афанасьева О. В. Метод оценки факторов, влияющих на вибрацию судового дизеля, вызванную работой цилиндропоршневой группы // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2024. № 1. С. 84–94.
- ISO 20816–1:2016. Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines. Geneva: International Organization for Standardization, 2016.
- ISO 18434–1:2008. Condition monitoring and diagnostics of machines — Thermography — Part 1: General procedures. Geneva: International Organization for Standardization, 2008.
- ISO 18436–7:2014. Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 7: Thermography. Geneva: International Organization for Standardization, 2014.

Оценка состояния строится комбинированно: нормативно-ориентированная оценка (где применима) + тренд относительно baseline конкретного агрегата + сравнение однотипных узлов. Для судовых установок baseline после ремонта/ввода в эксплуатацию часто является опорным, поскольку конструктивные различия и особенности фундаментов смешают универсальные пороги. Для термографии аналогично формируются «нормальные» температурные карты и допустимые диапазоны ΔT при штатной нагрузке [5].

Важный элемент протокола — взаимная верификация гипотез: вибрационный признак подтверждается термографически в релевантной зоне, а тепловая аномалия уточняется вибрационным обследованием. Перекрестное подтверждение снижает риск ошибочных решений и помогает отделять дефекты механической природы от режимных факторов и погрешностей интерпретации термограмм.

Организационно протокол закрепляется единым форматом отчетности и хранения данных (карта измерений, паспорт режимов, файлы измерений и термограммы с метаданными) и требованиями к подготовке исполнителей [2; 6].

Метрологически обеспеченный протокол, объединяющий вибродиагностику и инфракрасную термографию, переводит КТС судовых систем в формат воспроизведимого мониторинга. Стандартизация точек и режимов, фиксация метаданных и процедура взаимной верификации признаков повышают достоверность раннего выявления дефектов и снижают неопределенность при планировании обслуживания в условиях вариативной эксплуатации.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Интерьерные часы: от древности до современности

Кастрюлина Анастасия Вячеславовна, студент;

Индуатова Мария Викторовна, студент

Научный руководитель: Шкотова Ольга Владимировна, старший преподаватель
Волгоградский государственный технический университет

В данной статье анализируется история возникновения, развитие и трансформация видов интерьерных часов, их применение на протяжении истории и в современном мире. На основе анализа изменения вида интерьера часов составлены перспективы их преобразования, развития и дальнейшего использования.

Ключевые слова: часы, дизайн, стиль, интерьер, технологии.

Часы в интерьере — вещь довольно важная, и не только с точки зрения функциональной.

Степан Бугаев, арт-директор архитектурного бюро «Победа Дизайна»

Интерьерные часы — это важный объект, благодаря которому можно не только определять время, но создать более привлекательное интерьерное пространство, в котором они будут играть заметную роль. Сегодня они превратились в значимый предмет декора, который полностью может задать тон всему: подчеркнуть стиль интерьера и добавить индивидуальности помещению.

Значимость часов менялась в зависимости от эпохи, социальной и культурной среды. В современном мире они доступны каждому, но так было не всегда.

Часы появились еще в далекой древности, но были уличными, например, солнечными и водяными. Позволить их могли лишь немногие, поэтому считались символами богатства.

Более шести столетий назад часы появились в домах. Первые интерьерные часы создали немецкие мастера, задав тон в их стиле. Позже производством часов занялись французы и англичане. Уже в середине XIX века искусством изготовления интерьерных часов овладели швейцарские мастера. Сейчас Франция утратила лидерские позиции, но Англия и Германия продолжают развивать вековые традиции по производству интерьерных часов.

Первые интерьерные часы появились в домах состоятельных западноевропейских горожан в XV веке. Они были маятниковыми и напольными.

Напольные часы отличались внушительными размерами и представляли собой башню с часами в миниатюре. Их корпус изготавливается из дерева и украшался резьбой, барельефами, скульптурами. Это были настоящие произведения искусства, предмет гордости хозяев и устанавливались в домах как демонстрация богатства и изысканности.

Многие маятниковые часы также обладали боем. Изначально они служили для призыва к молитве. Позже часы с боем распространились по Северной Европе и Великобритании, где стандартом стали 12-часовые удары.

В России интерьерные часы появились при Иване Грозном. Царь получил их в подарок от шведского короля. Стояли они в Гранатовой палате во время приемов.

Во времена Петра Первого часы на Руси стали еще более популярными. Редкий по тем временам предмет быстро вошел в моду при дворе.

Со временем в домах европейцев и россиян обосновались настольные, настенные и каминные интерьерные часы.

Дух эпохи наложил свой отпечаток на их образ — так, в период рококо, корпус часов стал бронзовым. Он был украшен цветочными гирляндами, фигурками херувимов и пастушек. Они были настолько ценными, что их помещали под стеклянные колпаки.



Рис. 1. Напольные часы XV века



Рис. 2. Настольные часы XVI вв.



Рис. 3. Напольные часы XVI- XVII вв.



Рис. 4. Каминные часы периода рококо. XVII-XVIII вв.

После посещения Наполеоном Египта на часах европейских мастеров появились изображения пирамид и сфинксов.



Рис. 5. Часы каминные эпохи Наполеона. XIX вв.

Производство часовых механизмов развивалось во многих странах, в том числе и в России. Появление современных материалов позволило значительно удешевить интерьерные часы — это сделало их одним из самых популярных и распространенных предметов интерьера.

В XX веке интерьерные часы стали не просто предметом показа богатства, но и индикатором стиля, вкуса и индивидуальности.

Настенные часы в жилищах современного человека — то не только необходимость отслеживать время, но и представление декоративных моментов. Элегантные часы в интерьере демонстрируют вкус хозяев. Люди, которые ценят исторические формы и дизайн, используют в своих интерьерах антикварные или винтажные дизайнерские часы.

Часы в XX — XXI вв. для интерьеров могли быть оформлены в фарфоровых, тканевых, деревянных, пластмассовых и металлических корпусах. Это разнообразие позволяет подобрать виды часов, которые идеально могут соответствовать декоративному стилю, отделке и идейной задумке оформления комнаты или зала.



Рис. 6. Часы: декоративные и винтажные дизайнерские

Оригинальное решение для современных интерьеров — аксессуары необычных геометрических форм. Такие модели выглядят настолько удивительно, что сложно с первого взгляда узнать в них часы.

Самые распространенные формы: круг, квадрат, ромб. Иногда изделия дополняют декоративными элементами, расположеннымными в непосредственной близости от корпуса.



Рис. 7. Классические часы. XX — XXI вв.

Стремительное развитие технологий, использование разнообразных материалов позволило внести в дизайн интерьерных часов новизну. В моду вошли изделия с простыми, но в то же время нестандартными формами, имеющими тихий ход или мелодичный бой, прозрачные циферблаты.

С течением времени появились электронные часы с экраном, работающие от сети или батареек. Они имеют яркие цифры, что способствует более легкому восприятию. Благодаря свечению их легко можно увидеть в темноте.

Сейчас все чаще интерьерные часы делают многофункциональными. В них интегрируют дополнительные опции, делая их больше, чем просто устройство для определения времени.



Рис. 8. Электронные часы. XXI вв.

Например, некоторые часы могут служить полкой или подставкой для канцелярских принадлежностей или книг, иметь функцию беспроводной зарядки для телефона, показывать не только время, но и температуру помещения.



Рис. 9. Современные интерьерные часы

Также часы современные часы могут проецировать время на потолок или стену. В корпус таких интерьерных часов встроен поворотный проектор для настройки угла, что очень удобно.

Современные технологии открывают новые возможности в дизайне интерьерных часов, которые в современном мире несут не только практическую пользу, но остаются элементом декора.

Созданы умные часы с возможностью голосового управления, с синхронизацией с домашней системой «умный дом».

Разработаны модели настенных часов с отображением времени на стене, с функцией изменения цвета в зависимости от времени суток.

Использование естественных природных материалов (мох, камень, дерево), позволило при оформлении часов создать новый биофильный дизайн, несущий спокойствие и гармонию.

Будущее интерьерных часов обещает быть инновационным. Они продолжат служить нам, обеспечивая точность и стиль в нашей жизни. Например:

- часы, которые трансформироваться из настенных в настольные и обратно
- часы изготовленные из переработанных или биоразлагаемых материалов или с использованием солнечных панелей для зарядки
- звуковые часы, которые могут воспроизводить природные звуки или музыку в зависимости от времени суток или настроения пользователя, создавая атмосферу уюта
- часы, которые могут помогать в обучении языкам или другим навыкам через интерактивные задания
- часы с адаптивным дизайном, которые смогут менять свой внешний вид в зависимости от ситуации — например превращаться из спортивного стиля в классический.

Литература:

1. <https://www.vashdom.ru/articles/chasy-v-sovremennom-interere.htm> — Часы в современном интерьере.
2. <https://www.clockwork.ru/> - История и типы интерьерных часов.
3. <https://oldrestoration.ru/istoriya-napolnyx-chasov/> - История напольных часов.
4. https://vk.com/wall-180449778_834
5. time-skver.ru — Онлайн-галерея Больших Оригинальных Интерьерных настенных часов для квартир, домов, коттеджей.
6. <https://worldofwatch.ru/blog/obzory-modelej-i-kollektsii/samye-unikalnye-interernye-chasy-v-istorii> - Самые уникальные интерьерные часы в истории.
7. <https://dom.mail.ru/articles/35224-vazhnye-aksessuary-chasy-v-interere/> Степан Бугаев, арт-директор архитектурного бюро «Победа Дизайна», Статья «Важные аксессуары: часы в интерьере», 2016 г.
8. Семен Бронников: «История часов. Эволюция от солнечных до водородных», Центрполиграф, 2016.
9. В. Н. Пипуныров, История часов с древнейших времен до наших дней, Наука, 1982г. (электронный вариант, PDF, 486 стр.).

История развития сталежелезобетонных конструкций

Рытиков Кирилл Александрович, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В данной статье описана история развития сталежелезобетонных конструкций. Проанализированы основные преимущества и недостатки применения сталежелезобетонных конструкций в современном строительстве.

Ключевые слова: железобетон, сталежелезобетон, сталежелезобетонные конструкции, монолитная железобетонная плита по профилированному настилу, профилированный настил.

Для полноценного понимания устройства сталежелезобетонных конструкций сперва необходимо разобраться, что такое железобетон. Железобетон как композитный материал появился еще в середине XIX века и был изобретен французским садовником Жозефом Монье. Он создал первые конструкции из бетона с армированием сеткой для цветочных горшков и запатентовал свою идею в 1867 году. [3]

Широкое применение железобетон получил в экономически развитых странах — Англии, Франции, США, Германии и России. Железобетон использовали в перекрытиях производственных зданий, подземных труbach, колодцах, стенах, резервуарах, мостах, путепроводах, эстакадах, фортификационных и других сооружениях. Это было связано с растущей потребностью государств в быстром возведении критически важной инфраструктуры — таких как промышленность, торговых домов и транспортных предприятий. Основы теоретических расчетов железобетона и принципы его конструирования стало возможным благодаря трудам таких инженеров как Консидер, Генебик (Франция), Кенена, Мерша (Германия) и др. Общая теория расчета была сформулирована и оформлена к концу XIX века. В основу расчета лег принцип легких принципов сопротивления упругих материалов внешнему воздействию. [1]

Сталежелезобетон — это так же, как и бетон, композитный материал, основным отличием которого от железобетона является объединение металлических балок (или в некоторых случаях металлической оболочки) и железобетона в единую систему с помощью частичного обетонирования стали или использования анкерных устройств.

Типы сталежелезобетонных конструкций:

- Сталежелезобетонные плиты с профилированным настилом;
- Комбинированные балки;
- Трубобетонные конструкции с внешней стальной оболочкой.

Анкерные устройства в сталежелезобетоне выполнены из высокопрочных болтов или шпилек. Цель их использования — уменьшение местных возмущений и концентрации сдвигающих усилий. [4]

Основными задачами, с которыми сталкиваются инженеры, являются возведение здания или сооружения за минимальный срок, снижение стоимости работ и материалов, а также обеспечение безопасности строительных конструкций. Сталежелезобетон, обладающий повышенной несущей способностью по отношению к стандартным материалам, отвечает данным потребностям. Сталежелезобетонные конструкции, обладающие преимуществами бетона в сжатой зоне и стали в растянутой зоне, снижают материалоемкость строительства.

Наиболее трудоемкими процессами при возведении зданий и сооружений на данный момент являются арматурные и опалубочные работы. Применение профилированного листа как несъемной опалубки при возведение сталежелезобетонных перекрытий позволяет снизить трудозатраты на опалубочные и арматурные работы более чем в два раза. [5]

Состав сталежелезобетонного перекрытия представлена на рисунке 1 ниже.

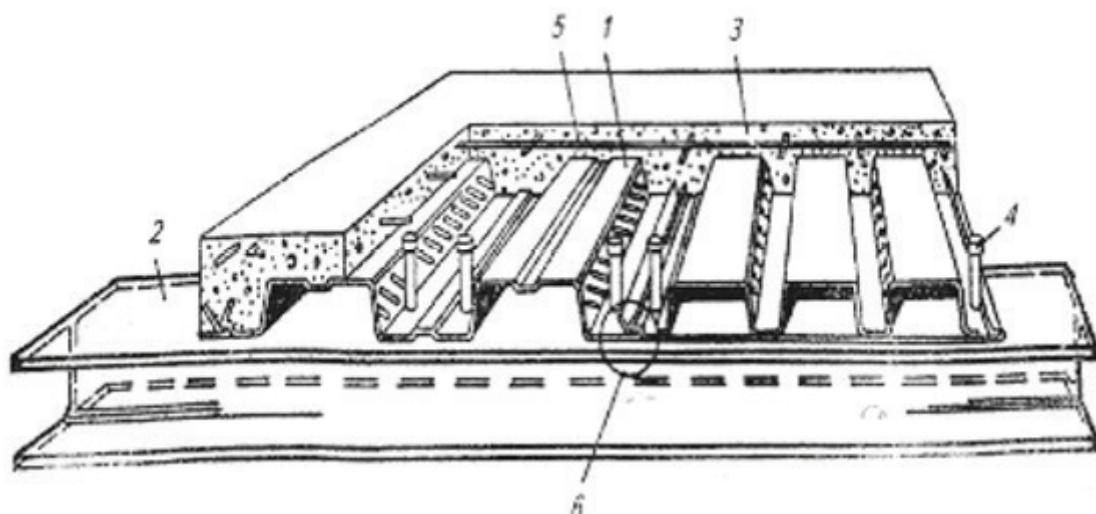


Рис. 1. Сталежелезобетонное перекрытие со стальным профнастилом. Элементы сталежелезобетонного перекрытия:

- 1 — Стальной профилированный настил;
- 2 — Элемент балочной клетки;
- 3 — Монолитный бетон перекрытия;
- 4 — Стержневой анкер;
- 5 — Сетка противоусадочного армирования;
- 6 — соединение гофрированных профилей между собой [2]

На данный момент существует несколько нормативных документов для расчета сталежелезобетонных конструкций, например, СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования». В данном своде правил приведены основные требования к сталежелезобетонным конструкциям и положения к их расчетам. Указаны требования к используемым материалам, условиям эксплуатации конструкций. Приведены расчеты конструкций на разных стадиях возведения и эксплуатации конструкций. Однако на сегодняшний день не сформировано сводов правил или других нормативных документов, регламентирующих использование сталежелезобетонных конструкций при действии динамических и специальных нагрузок. В условиях проектирования, например, промышленных зданий и сооружений, где выдвигаются все более высокие требования к колебаниям конструкций, вследствие установки высокоточного оборудования, становится невозможным применение сталежелезобетонных конструкций.

Анализ сталежелезобетонных конструкций доказывает эффективность их применения как в техническом, так и в экономическом аспекте. Однако, основной проблемой широкого применения сталежелезобетонных конструкций в России является отсутствие нормативной базы для проектирования таких конструкций. Создание нормативной базы способствует более широкому применению таких конструкций и позволит полноценно использовать их преимущества.

Литература:

1. Железобетонные конструкции Байков В. Н., Сигалов Э. Е.
2. Сталежелезобетонные перекрытия, новые методы их расчета Тамразян А. Г., Замалиев Ф. С.
3. История возникновения железобетона. — Текст: электронный // Правильный бетон: [сайт]. — URL: <https://beeton68.ru> (дата обращения: 24.12.2025).
4. Ростовых Г. Н. Совершенствование методики расчета гибких упоров в конструкциях сталежелезобетонных мостов // Известия путей сообщения. 2007. № 3.
5. Теоретические и экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций с применением гнутых стальных профилей / Т. И. Ахрамочкина. // Строительство: наука и образование. — 2021. — № 4.

Анализ зависимости несущей способности сталежелезобетонного перекрытия при действии динамической нагрузки от направления векторов приложения динамической нагрузки и гофр профилированного настила

Рытиков Кирилл Александрович, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В данной статье выполнен анализ зависимости несущей способности сталежелезобетонного перекрытия при действии динамической нагрузки от направления векторов приложения динамической нагрузки и гофр профилированного настила.

Ключевые слова: динамические нагрузки, сталежелезобетон, профилированный лист, расчет на динамические нагрузки.

Основные положения к расчету

Составление и анализ расчетной схемы будем производить с помощью метода конечных элементов, который является одним из вариационных методов и часто трактуется как метод Ритца. Область, занимаемая телом, разбивается на конечные элементы. Чаще всего это треугольники в плоском случае и тетраэдры в пространственном. Внутри каждого этого элемента задаются некоторые функции формы, позволяющие определить перемещения внутри элемента по перемещениям в узлах — местах стыков конечных элементов. За координатные функции принимаются функции, тождественно равные нулю всюду, кроме одного конечного элемента, внутри которого они совпадают с функциями формы. В качестве неизвестных коэффициентов метода Ритца берутся узловые перемещения. После минимизации функционала энергии получается алгебраическая система уравнений (так называемая основная система). [2]

Ортотропия — неоднородность физических (Физико-механических) свойств среды по двум или трем направлениям внутри этой среды.

Ортотропия является одной из физико-механических характеристик сталежелезобетонных перекрытий по профилированному листу. [1]

Результаты расчетов

Исходные данные

Участок производственного цеха, расположенный в осях 2–4/Б-Г на отм. +3,000. Перекрытие выполнено по металлическим балкам двутаврового сечения 20Б1 по ГОСТ ГОСТ Р 57837–2017. Шаг балок составляет 6 метров. Плита перекрытия выполнена по несъемной опалубке из профилированного настила Н60–845–0,8. Для осуществления совместной работы металлических балок и железобетонной плиты перекрытия использованы стад-болты Шпилька ГОСТ Р 51738–2013-UD16x40–4,8.

Выполним моделирование расчетной схемы в программном комплексе SCAD. Колонны приняты железобетонными сечением 400x400 мм, стальные балки — двутавры сечением 20Б1, перекрытие толщиной 250 мм. Марка бетона по прочности для всех бетонных конструкций принята равной В25.

Так как динамическая нагрузка от станков приложена на высоте 0,9 м от плиты перекрытия, в модель добавлены стержни высотой 900 мм с нулевой массой, для передачи нагрузки на перекрытие.

Ортотропия в расчётной модели учтена путем разделения плиты на полосы шириной равной ширине гофры (120 мм) профилированного листа и заданием различных толщин для смежных участков плиты.

На рисунке 1 и 2 представлен общий вид сталежелезобетонного перекрытия, с гофрами расположенными вдоль оси X и вдоль оси Y соответственно.

Выполним расчет смоделированных расчетных схем с помощью программного комплекса SCAD. Результаты расчетов представлены на рисунках 15–20 представлены результаты расчета — максимальные амплитуды колебаний сталежелезобетонных перекрытий.

Согласно выполненным расчетам в программном комплексе SCAD, максимальная амплитуда колебаний по оси X для сталежелезобетонного перекрытия с гофрами вдоль оси X составляет 0,19 мм, что незначительно превышает максимальную амплитуду колебаний сталежелезобетонного перекрытия с гофрами вдоль оси Y, равную 0,18 мм. максимальная амплитуда колебаний по оси Y для сталежелезобетонного перекрытия с гофрами вдоль оси X составляет 0,02 мм, что соответствует максимальной амплитуде колебаний сталежелезобетонного перекрытия с гофрами вдоль оси Y.

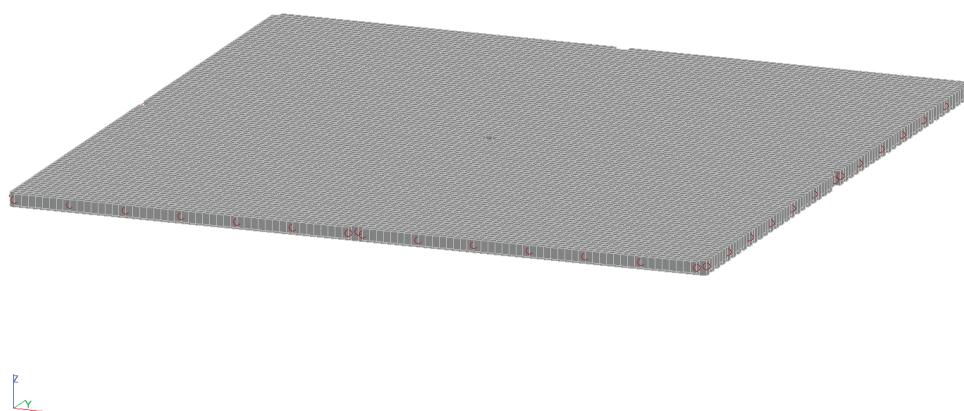


Рис. 1. Сталежелезобетонное перекрытие с расположением гофр вдоль оси Х

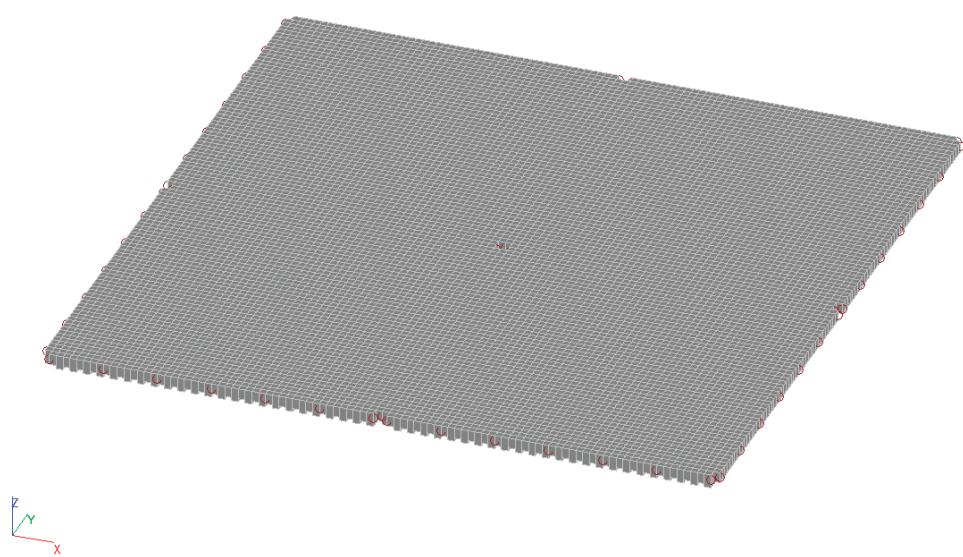


Рис. 2. Сталежелезобетонное перекрытие с расположением гофр вдоль оси Y

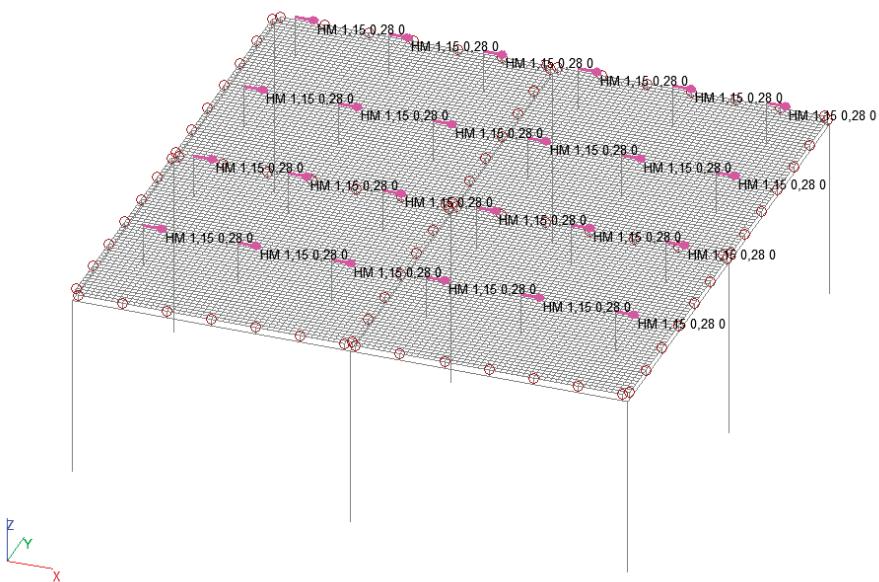


Рис. 3. Направление приложения динамической нагрузки

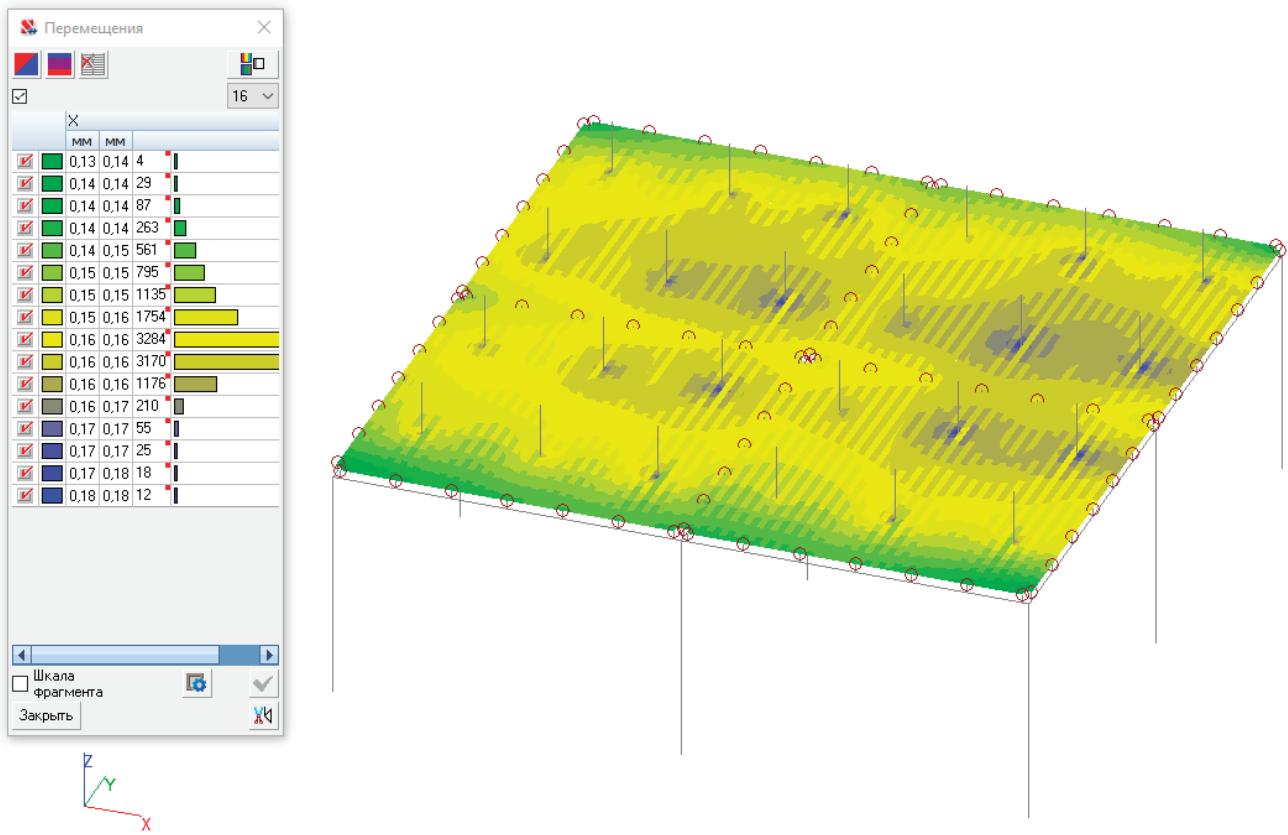


Рис. 4. амплитуда колебаний по оси X перекрытия с гофрами вдоль оси Y

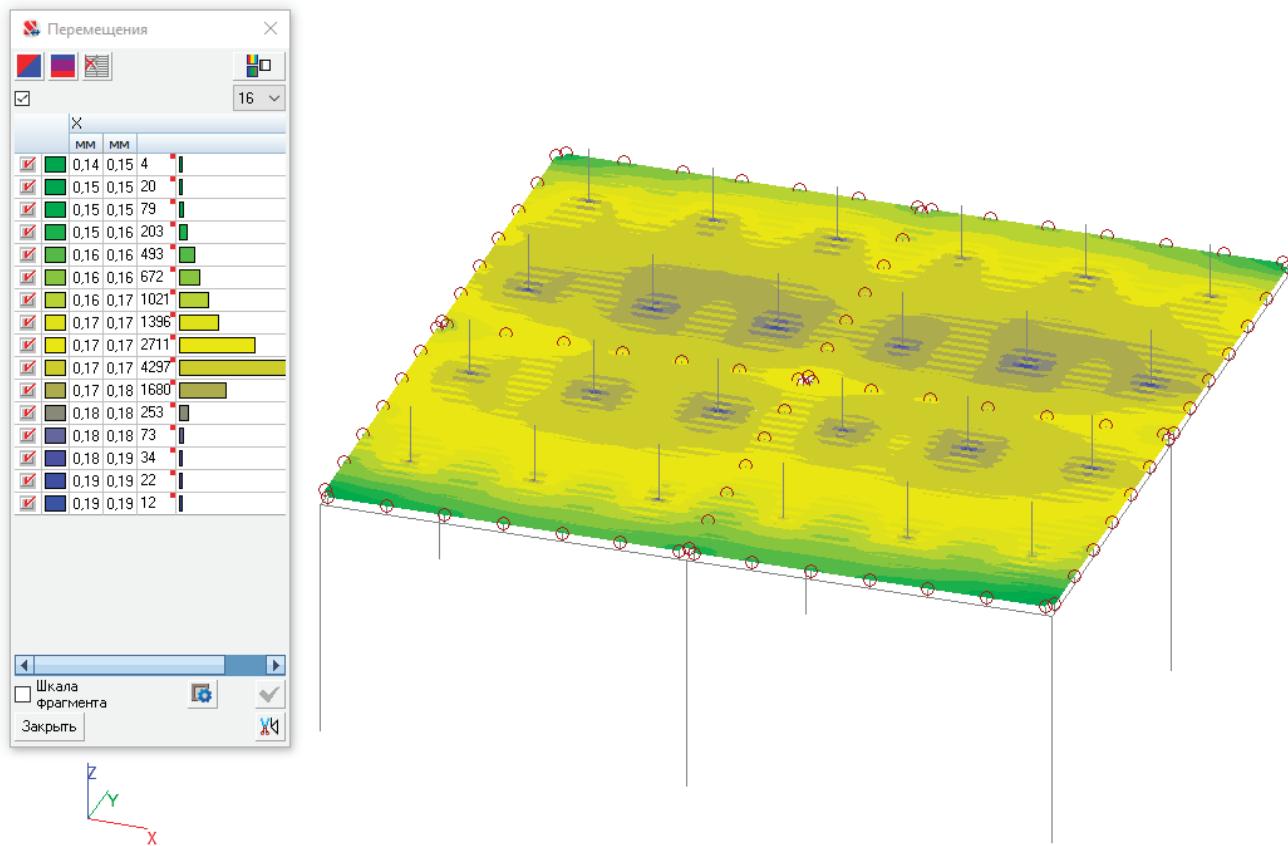


Рис. 5. амплитуда колебаний по оси X перекрытия с гофрами вдоль оси X

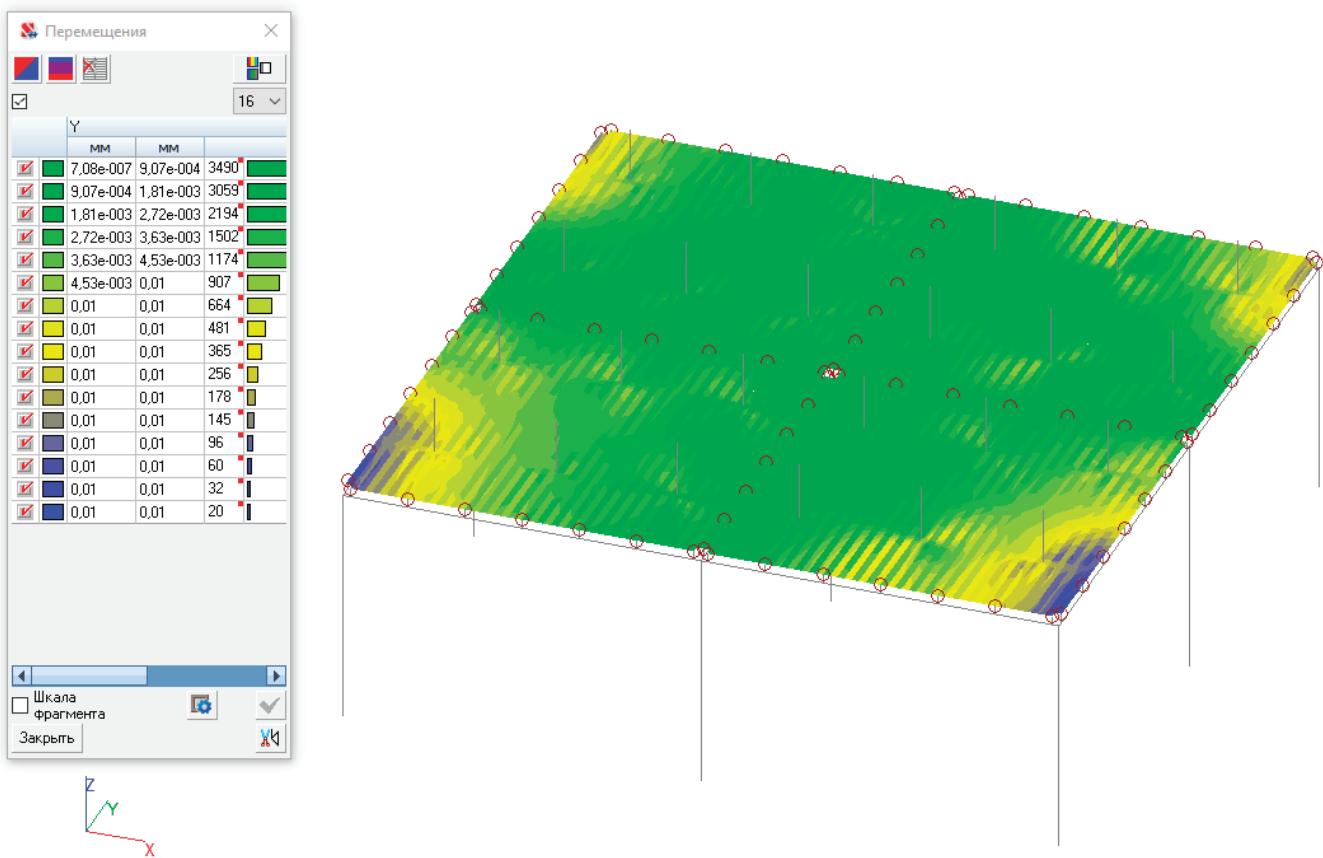


Рис. 6. амплитуда колебаний по оси Y перекрытия с гофрами вдоль оси Y

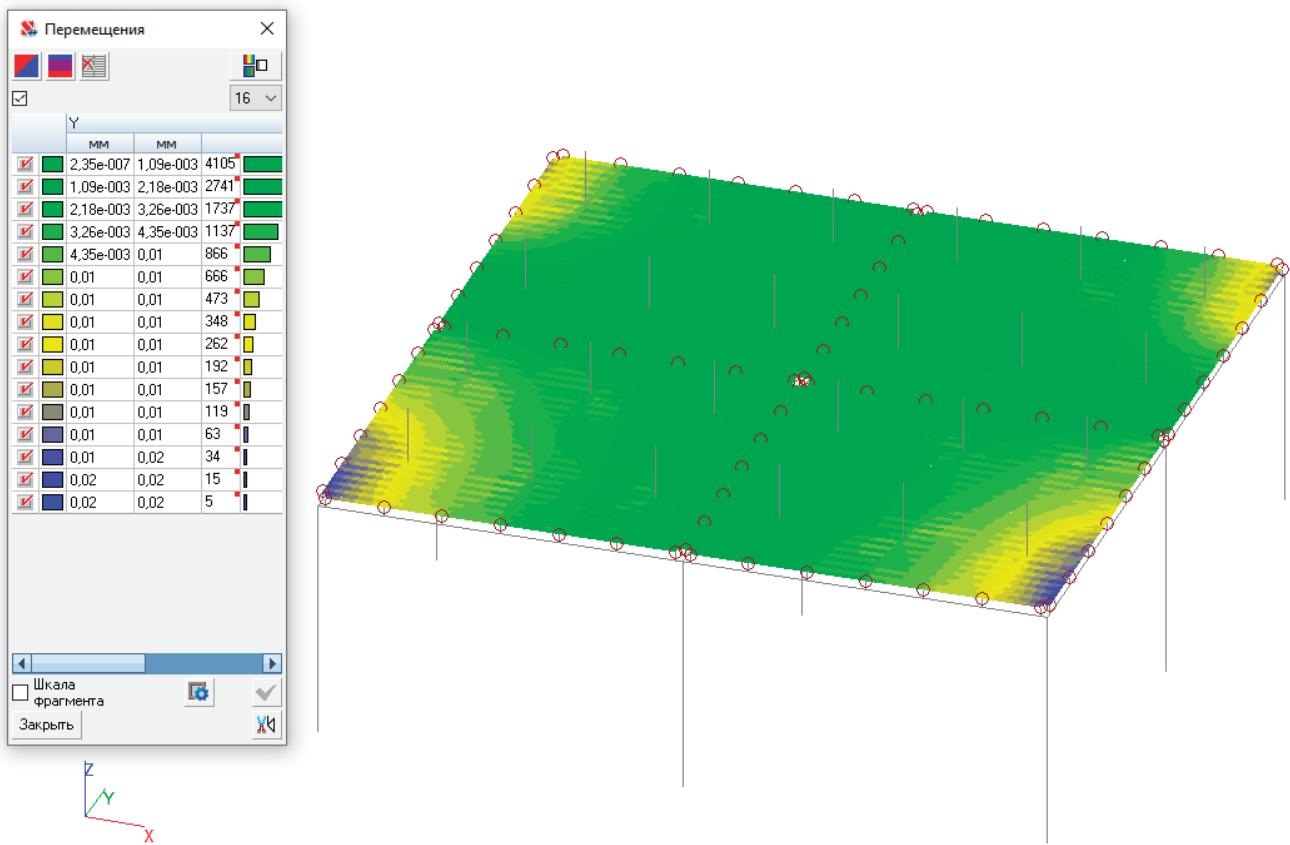


Рис. 7. амплитуда колебаний по оси Y перекрытия с гофрами вдоль оси X

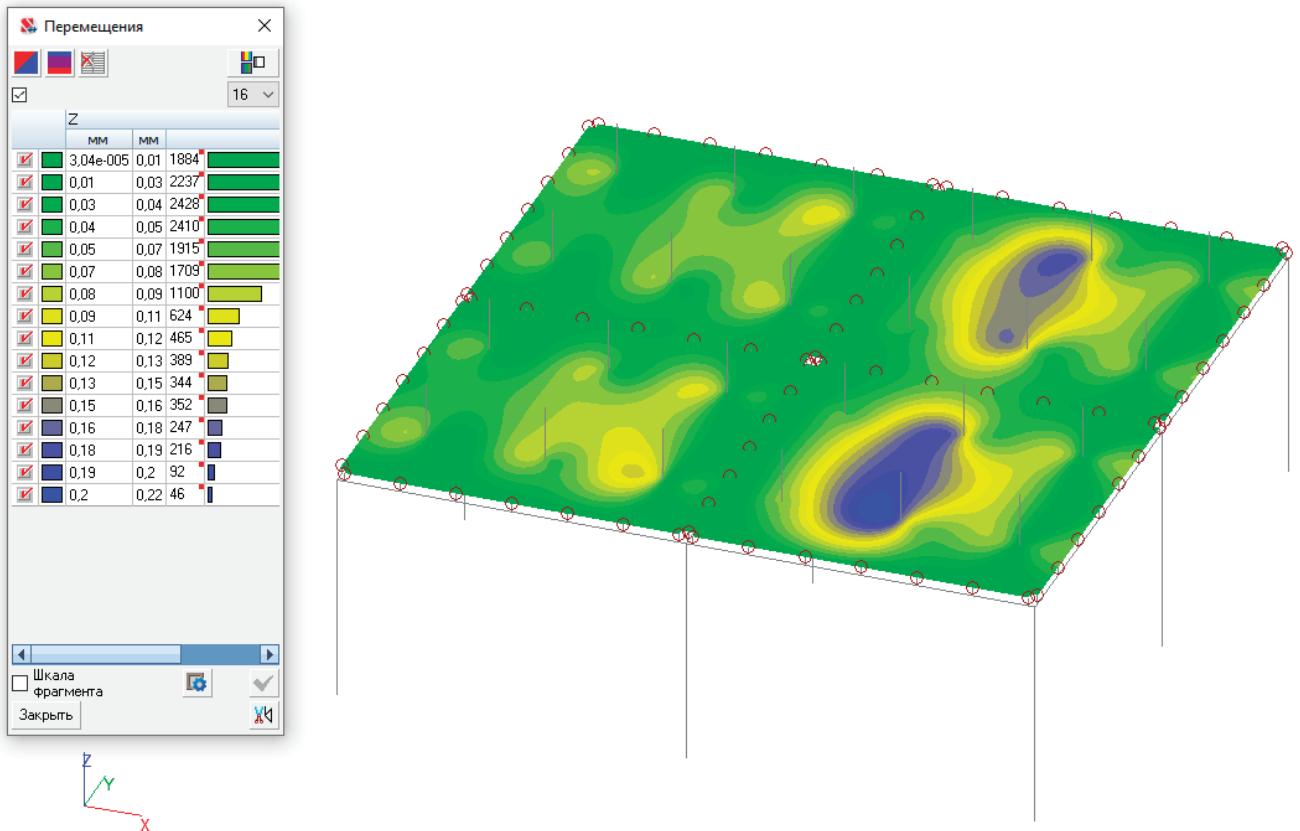


Рис. 8. амплитуда колебаний по оси Z перекрытия с гофрами вдоль оси Y

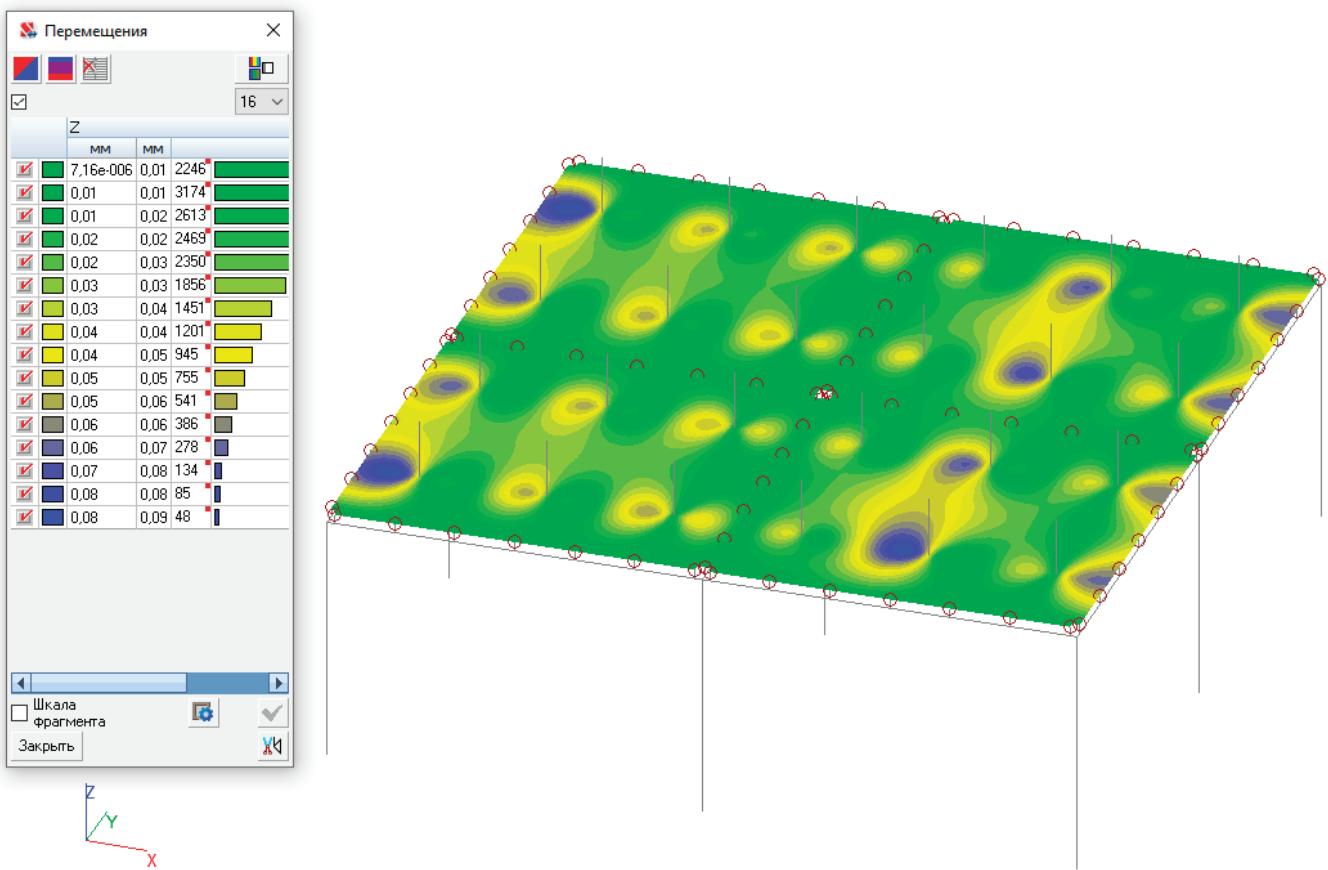


Рис. 9. Амплитуда колебаний по оси Z перекрытия с гофрами вдоль оси X

Однако максимальная амплитуда колебаний по оси Z для сталежелезобетонного перекрытия с гофрами вдоль оси Y составляет 0,22 мм, что значительно превышает максимальную амплитуду колебаний сталежелезобетонного перекрытия с гофрами вдоль оси X, равную 0,09 мм.

Вывод

Расположение гофр профилированного настила играет важную роль в несущей способности всего сталежелезобетонного перекрытия. Наиболее выгодным с точки зрения несущей способности является расположение профилированного настила гофрами вдоль действия горизонтальной составляющей динамической нагрузки.

Литература:

1. Моделирование сталежелезобетонного перекрытия с профилированным настилом и оценка расчетной схемы в сравнении с ручным расчетом Михаськин В. В., Каракаева М. А.
2. Метод конечных элементов в технике Зенкевич О. под редакцией Победря Б. Е.

МЕДИЦИНА

Оценка и оптимизация деятельности кабинета планирования семьи в мегаполисе

Рысбекова Гульсим Мухиядиновна, студент магистратуры

Научный руководитель: Маханбеткулова Динара Нургалиевна, PhD, ассоциированный профессор
Казахстанский медицинский университет «ВШОЗ» (г. Алматы, Казахстан)

В условиях внедрения обязательного социального медицинского страхования (ОСМС) в Казахстане актуализируется вопрос повышения эффективности работы кабинетов планирования семьи в первичном звене здравоохранения. Целью исследования является анализ деятельности кабинета планирования семьи городской поликлиники и разработка предложений по её оптимизации с учётом современных требований системы ОСМС. Проведена оценка кадрового состава, структуры обращений, обеспеченности контрацептивами, а также уровня информированности населения о репродуктивном здоровье. В результате выявлены проблемы недостаточной доступности консультационных услуг, ограниченного объёма профилактической работы и низкой вовлечённости молодёжи. Разработаны предложения по совершенствованию работы, включая расширение образовательных программ, внедрение цифрового мониторинга обращений и усиление межведомственного взаимодействия.

Ключевые слова: планирование семьи, репродуктивное здоровье, ОСМС, профилактика, первичная медико-санитарная помощь, Казахстан, оптимизация.

Актуальность исследования. Планирование семьи является важным направлением укрепления репродуктивного здоровья населения и снижения материнской и детской заболеваемости. В Казахстане в условиях функционирования ОСМС повысились требования к качеству, доступности и результативности профилактических услуг. Кабинеты планирования семьи играют ключевую роль в консультировании женщин и семейных пар, предоставлении современных методов контрацепции и повышении осведомлённости о репродуктивных правах. Однако в ряде поликлиник отмечается дефицит кадров, недостаточная оснащённость и низкий уровень цифровизации работы, что требует внедрения современных подходов к организации деятельности.

В сравнении с глобальными тенденциями Казахстан демонстрирует относительно высокий уровень удовлетворения потребности в контрацепции современными методами, однако сохраняются серьёзные пробелы по отдельным группам населения (молодёжь, малообеспеченные семьи и мигранты). По оценкам международных источников, доля спроса, удовлетворённого современными методами (*demand satisfied by modern methods*) в Казахстане в последние годы находится на уровне примерно 75–78 %, что соответствует или несколько превосходит средние показатели ряда стран с сопоставимым уровнем дохода. В то же время мировая картина показывает, что около 1.1 млрд женщин репродуктивного возраста имеют

потребность в планировании семьи, из них примерно 874 млн использовали современные методы, а около 164 млн женщин оставались с неудовлетворённой потребностью в 2021 г.; это подчёркивает, что глобальная задача — снижение «*unmet need*» — остаётся приоритетной [1,2]. Казахстанская матрица показателей материнской смертности и охвата профилактическими услугами улучшилась за последние десятилетия, но данные по MMR демонстрируют вариабельность оценок в разные годы (влияние пандемии COVID-19 временно изменило некоторые показатели), поэтому при сравнении важно указывать год и методологию расчёта. Международная практика показывает: устойчивое улучшение показателей связано с сочетанием (1) доступности современных контрацептивов (удобные каналы снабжения и финансовая доступность), (2) подростково-ориентированных профилактических программ и школьного секс-образования, (3) цифровых систем учёта и мониторинга индикаторов (включая «*demand satisfied*») и (4) интеграции семейного планирования в первичную медико-санитарную помощь — эти подходы применимы и к оптимизации кабинета планирования семьи в условиях ОСМС в Казахстане. [3, 4, 5]

В условиях внедрения системы обязательного социального медицинского страхования (ОСМС) Казахстан постепенно совершенствует организацию работы кабинетов планирования семьи. Доступность контрацепции в стране остаётся частично обеспеченной: часть совре-

менных средств покрывается системой ОСМС, однако многие препараты по-прежнему недоступны бесплатно. В развитых странах, напротив, обеспечивается полный или частичный государственный охват населения, а бесплатная контрацепция способствует снижению числа нежелательных беременностей и абортов [6, 7, 8].

Уровень информированности населения Казахстана о вопросах репродуктивного здоровья оценивается как средний: женщины детородного возраста чаще осведомлены, чем подростки и мужчины. В мировой практике широко применяются системные просветительские программы, включающие обучение в школах, участие СМИ и цифровые платформы. Для Казахстана актуально интегрировать образовательные программы по планированию семьи в систему первичной медико-санитарной помощи и школьное образование [9, 10, 11].

Результаты. Роль кабинетов планирования семьи в Казахстане сосредоточена преимущественно на консультировании и профилактике нежеланных беременностей. Однако отмечается кадровый дефицит и ограниченная материально-техническая база. В зарубежных странах подобные центры функционируют как мультидисциплинарные структуры, где работают гинекологи, психологи, социальные работники, а также внедряются телемедицинские консультации. Для повышения эффективности рекомендуется расширить функционал отечественных кабинетов с учётом междисциплинарного подхода.

Финансирование кабинетов осуществляется через систему ОСМС и местные бюджеты, при этом доля средств на образовательные и профилактические мероприятия остаётся недостаточной. В мировой практике используется смешанное финансирование — за счёт государственного бюджета, донорских программ и частных грантов. Казахстану целесообразно рассмотреть внедрение подобных механизмов софинансирования.

Уровень цифровизации репродуктивных услуг в Казахстане оценивается как частичный: внедрены электронные карты пациентов и онлайн-запись на приём, однако отсутствует единая цифровая платформа репродуктивного здоровья. В странах с развитой системой здравоохранения активно используются мобильные приложения, дистанционные консультации и системы онлайн-мониторинга, что обеспечивает постоянную поддержку пациентов.

По данным на 2023 год, показатель материнской смертности составляет около 24–27 случаев на 100 000 живорождений, что значительно ниже мирового среднего уровня (152) и близко к показателям стран ОЭСР. Показатель подростковой рождаемости также демонстрирует положительную динамику — 22–24 на 1000 девушек 15–19 лет против 42 в среднем по миру, что говорит о постепенном повышении осведомлённости молодёжи. Однако для дальнейшего улучшения необходимы специализированные просветительские программы для подростков [12, 13].

Подготовка медицинских кадров включает отдельные модули по вопросам репродуктивного здоровья, но отсутствует система регулярного повышения квалификации.

В мировой практике действует обязательная сертификация специалистов и ежегодное обновление знаний. Внедрение дистанционных курсов и программ аккредитации повысит качество консультирования в кабинетах планирования семьи.

Мониторинг эффективности работы кабинетов ведётся через отчётность Министерства здравоохранения и системы ОСМС, однако отсутствуют унифицированные индикаторы оценки качества услуг. В международной практике применяются стандартизованные показатели (FP2030, SDG 3.7), которые могут быть адаптированы и в национальной системе [14, 15].

Роль неправительственных организаций в развитии планирования семьи остаётся ограниченной, в то время как в мировой практике они являются ключевыми партнёрами государственных структур. Усиление сотрудничества с НПО, международными агентствами (UNFPA, UNICEF, WHO) и местными сообществами позволит расширить охват целевых групп и повысить качество услуг [16, 17, 18].

Социальное восприятие вопросов контрацепции и сексуального просвещения остаётся частично консервативным, что затрудняет внедрение открытых информационных кампаний. В странах Европы и Северной Америки, напротив, наблюдается высокий уровень общественной поддержки программ репродуктивного здоровья. Для Казахстана важно развивать культурно адаптированные формы просвещения с привлечением СМИ, педагогов и лидеров общественного мнения [19].

На примере городской поликлиники г. Алматы проведён анализ деятельности кабинета планирования семьи за 2022–2024 годы.

За период 2022–2024 гг. отмечается рост обращаемости и улучшение показателей обеспеченности контрацептивами, однако доля профилактических консультаций остаётся низкой. Кабинет функционирует с высокой нагрузкой на специалистов, что снижает качество индивидуальной работы.

Особое внимание заслуживает рост доли женщин с социально значимыми (до 12 %) и онкологическими заболеваниями (до 4 %), что требует тесного взаимодействия с онкологическими, эндокринологическими и инфекционными службами. В условиях ОСМС важно обеспечить интеграцию данных в единую цифровую систему, расширить штат кабинета и усилить междисциплинарное сопровождение пациентов.

На примере городской поликлиники г. Алматы проведён анализ деятельности кабинета планирования семьи за период 2022–2024 гг. За три года общее количество обращений возросло на 12 %, что свидетельствует о повышении интереса и доверия населения к услугам по вопросам репродуктивного здоровья. Тем не менее доля профилактических консультаций остаётся на уровне около 35 %, что говорит о недостаточной активности профилактической работы и низкой вовлечённости населения в вопросы планирования семьи до наступления беременности [20, 21, 22].

Таблица 1. Анализ деятельности кабинета планирования семьи в городской поликлинике г. Алматы (2022–2024 гг.) и оценка в условиях ОСМС

№	Показатель	2022	2023	2024	Аналитический комментарий
1	Общее количество обращений в кабинет	3 850	4 210	4 320	Рост на 12 % за период, отражает повышение доверия и востребованности услуг.
2	Доля профилактических консультаций (%)	33	35	35	Уровень остаётся низким; необходимо усиление профилактической и просветительской работы.
3	Средняя нагрузка на одного специалиста (обращений в год)	1 350	1 480	1 520	Перегрузка персонала снижает качество индивидуального консультирования. Требуется штатное расширение.
4	Структура обращений по возрасту: женщины 20–35 лет (%)	42	40	40	Основная группа клиентов — женщины репродуктивного возраста.
5	Подростки и молодые пары (%)	8	9	9	Низкий охват подростков; требуется развитие молодежных программ и школьного просвещения.
6	Обеспеченность бесплатными контрацептивами (% от потребности)	55	58	60	Наблюдается положительная динамика, однако сохраняется дефицит современных методов.
7	Цифровая регистрация пациентов	Частичная	Частичная	Частичная	Не интегрирована с базой ОСМС; требуется единая электронная система учёта и анализа данных.
8	Вовлечённость мужчин в программы планирования семьи (%)	6	7	8	Низкая активность; важно продвигать совместное участие партнёров.
9	Женщины с социально значимыми заболеваниями (туберкулёз, ВИЧ, сахарный диабет и др.) среди обратившихся (%)	9	10	12	Рост обращений данной категории; требуется междисциплинарный подход и координация с профильными кабинетами.
10	Женщины с онкологическими заболеваниями репродуктивной системы (в анамнезе или под наблюдением) (%)	3	3,5	4	Постепенный рост; важно обеспечить консультирование по вопросам контрацепции и репродуктивного здоровья после лечения.
11	Количество направлений в смежные службы (онколог, эндокринолог, инфекционист)	260	315	340	Рост числа направлений указывает на повышение межведомственного взаимодействия, но требует систематизации.
12	Уровень удовлетворённости пациентов услугами (%)	74	77	79	Постепенное улучшение, но сохраняются жалобы на очереди и дефицит бесплатных препаратов.
13	Финансирование через ОСМС (в тенге, млн)	18,5	20,2	21,7	Финансирование увеличивается, но недостаточно для полного покрытия контрацептивов и цифровизации.
14	Участие в просветительских и профилактических акциях (количество мероприятий)	12	15	18	Наблюдается рост активности, но охват населения остаётся ограниченным.
15	Удельный вес онлайн-консультаций (%)	3	4	5	Слабо развитое направление; перспективно для снижения нагрузки на специалистов.

Средняя нагрузка на одного специалиста превышает 1 500 обращений в год, что указывает на перегруженность персонала и ограниченные возможности для индивидуального консультирования. Основной контингент пациентов — женщины репродуктивного возраста (20–35 лет), которые составляют около 40 % всех обратившихся. При этом доля подростков и молодых пар не превышает 10 %, что отражает недостаточную информированность и низкую мотивацию молодежи обращаться за услугами по планированию семьи [23].

Показатель обеспеченности бесплатными контрацептивами составляет около 60 % от потребности, что демонстрирует постепенное улучшение, но сохраняющийся дефицит современных средств. Это указывает на необходимость расширения перечня контрацептивов, покрываемых системой ОСМС, и совершенствования логистики их поставок.

Цифровая регистрация и учёт данных пациентов осуществляются лишь частично, без интеграции в общую систему ОСМС. Отсутствие единой базы данных затруд-

няет мониторинг обращаемости, повторных консультаций и эффективности проведённой профилактической работы. Кроме того, уровень вовлечённости мужчин остаётся крайне низким — не более 8 % от общего числа пациентов, что требует проведения совместных программ для семейных пар и популяризации ответственного отцовства.

Особое внимание заслуживает рост числа обращений женщин с социально значимыми заболеваниями (туберкулёз, ВИЧ, сахарный диабет и др.), доля которых увеличилась с 9 % до 12 %. Также наблюдается рост пациентов с онкологическими заболеваниями репродуктивной системы (до 4 %). Это отражает потребность в междисциплинарном подходе, координации работы кабинета планирования семьи с онкологами, эндокринологами и инфекционистами.

Количество направлений к смежным специалистам ежегодно увеличивается, что указывает на усиление межведомственного взаимодействия. При этом уровень удовлетворённости пациентов услугами повысился с 74 % до 79 %, хотя сохраняются жалобы на очереди и ограниченный доступ к бесплатным препаратам. Финансирование через систему ОСМС увеличилось с 18,5 до 21,7 млн тенге, что положительно влияет на устойчивость работы кабинета, однако этих средств недостаточно для полной цифровизации и расширения кадрового состава [24, 25, 26].

Положительной тенденцией является рост участия кабинета в профилактических акциях и образовательных мероприятиях, а также постепенное внедрение онлайн-консультаций, доля которых достигла 5 % в 2024 году. Эти формы работы особенно актуальны для охвата трудоспособного и молодого населения, которое предпочитает дистанционные формы взаимодействия.

Литература:

1. Министерство здравоохранения Республики Казахстан. Информация по итогам деятельности Министерства здравоохранения Республики Казахстан за 2024 год. Астана, 2025.
2. Министерство здравоохранения Республики Казахстан. О профилактике охраны репродуктивного здоровья населения и ранней беременности у подростков и молодёжи в Республике Казахстан: приказ № 12 от 24 января 2023 г. Астана, 2023.
3. Министерство здравоохранения Республики Казахстан. Охрана репродуктивного здоровья женщин Республики Казахстан и пути её оптимизации. Астана, 2024.
4. UNFPA. Family Planning — Proportion of demand satisfied with modern methods, women aged 15–49, 2022 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.unfpa.org/>. United Nations Population Fund
5. UNFPA Kazakhstan. UNFPA supports development of Kazakhstan family-planning national framework programme [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kazakhstan.unfpa.org/> UNFPA-Kazakhstan
6. WHO. Family planning/Contraception fact sheet (Jul 3, 2025) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/family-planning-contraception> Всемирная организация здравоохранения
7. FP2030. Measurement Report 2024 (FP2030 Data Report) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fp2030.org/> (дата обращения: 30.10.2025). fp2030.org
8. United Nations — World Contraceptive Use (UN DESA, Population Division) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.un.org/development/desa/pd/world-contraceptive-use> ООН
9. WHO / UN inter-agency. Trends in maternal mortality estimates 2000–2023 (UN report, 2025) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/9789240108462-eng.pdf>
10. World Bank. Maternal mortality ratio (modeled estimate, per 100 000 live births) — Kazakhstan (data) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.MMRT?locations=KZ>

Заключение. Анализ показал, что кабинет планирования семьи городской поликлиники г. Алматы демонстрирует положительные результаты в повышении обращаемости населения и частичной обеспеченности контрацептивами. Однако сохраняются системные проблемы — высокая нагрузка на специалистов, ограниченное финансирование, недостаточная цифровизация и слабая профилактическая активность.

Рост числа женщин с социально значимыми онкологическими заболеваниями подчёркивает необходимость комплексного подхода к репродуктивному здоровью в рамках ОСМС. Для оптимизации работы кабинета целесообразно:

- усилить профилактическое направление и просветительскую работу с молодёжью;
- внедрить единую электронную систему учёта и мониторинга пациентов;
- расширить доступ к современным контрацептивам;
- интегрировать междисциплинарные консультации с онкологами, эндокринологами и инфекционистами;
- развивать дистанционные формы обслуживания и образовательные платформы.

Реализация этих мер позволит повысить качество и эффективность услуг по планированию семьи, укрепить репродуктивное здоровье населения и сократить медико-социальные последствия нежеланных беременностей в условиях системы ОСМС.

Комплексная оптимизация работы кабинетов планирования семьи позволит повысить качество репродуктивных услуг, снизить частоту непланируемых беременностей и улучшить показатели общественного здоровья в Казахстане.

11. Global Contraception Policy Atlas. Kazakhstan country profile (Demand satisfied % etc.) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://contraception.srhrpolicyhub.org/>
12. WHO Data — Kazakhstan country overview [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://data.who.int/countries/398>
13. United Nations. World Family Planning 2022 (UN DESA report) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2023/Feb/undesa_pd_2022_world-family-planning.pdf
14. Gelaw KA, et al. Unintended pregnancy and contraceptive use in low- and middle-income countries: a review and meta-analysis // BMC Public Health. 2023. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10666441/>
15. UNFPA. Population Situation Analysis of the Republic of Kazakhstan (full report) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://kazakhstan.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/UNFPA_FullReport_Eng_Final_0.pdf
16. Macrotrends. Kazakhstan maternal mortality rate historical data [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.macrotrends.net/global-metrics/countries/kaz/kazakhstan/maternal-mortality-rate>
17. Nukeshtayeva K., et al. Factors associated with maternal mortality in Kazakhstan: a pre-/post-analysis (2024) // [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11180802/>
18. Irum A., et al. Unintended pregnancies: a comprehensive cost–benefit analysis (Frontiers in Public Health, 2025) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2025.1563721/full>
19. CEIC / national statistical compilations. Demand for family planning satisfied by modern methods — Kazakhstan (historical series) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ceicdata.com/en/kazakhstan/health-statistics>
20. UNICEF Kazakhstan. Situation analysis of children and adolescents in Kazakhstan (2025) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.unicef.org/kazakhstan/>
21. Focus2030 (analytical summary). The access to contraception around the world — situational analysis (2024) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://focus2030.org/>
22. The Global Economy. Kazakhstan — maternal mortality data and comparisons [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.theglobaleconomy.com/Kazakhstan/maternal_mortality/
23. WHO. Maternal mortality ratio (indicator page) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://data.who.int/indicators/i/C071DCB/AC597B1>
24. Zhamantayev O., et al. COVID-19 Pandemic Impact on Maternal Mortality in Kazakhstan (2023) // Int. J. Environ. Res. Public Health. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9914964/>
25. Государственная статистическая служба Республики Казахстан. Об объёме оказанных услуг в области здравоохранения и предоставления социальных услуг (III квартал 2024 г.). Астана, 2024.
26. Управление общественного здравоохранения города Алматы. Отчёт о проделанной работе за 2024 г. Алматы, 2025.

Индекс фрагментации ДНК сперматозоидов как показатель репродуктивного здоровья мужчин

Шеломянцева Мария Владимировна, студент

Научный руководитель: Щелочкин Алексей Михайлович, старший преподаватель
Самарский государственный медицинский университет

В работе представлен анализ показателя фрагментации ДНК сперматозоидов в супружеских парах с нарушением репродукции, который содержит в себе диагностическое и прогностическое значения и предположительно связан со внешними потенциально устранимыми факторами, не имеющими корреляции с показателями спермограммы.

Ключевые слова: фрагментация дезоксирибонуклеиновой кислоты, ДНК, сперматозоидов, индекс фрагментации ДНК, ИФД, мужское бесплодие, спермограмма, расстройство аутистического спектра, РАС, синдром дефицита внимания и гиперактивности, СДВГ.

Введение

Мужское бесплодие — распространённое состояние, делающее значительный вклад в демографические проблемы, крайне характерные для современной России. Из 15 % бесплодных пар репродуктивного возраста, около

40 % обусловлены исключительно мужским фактором. Это приводит к значительному уменьшению численности населения, превышению смертности над рождаемостью. [1, 2]

Актуальной становится проблема рассмотрения более детальных механизмов, позволяющих разработать методы

профилактики, направленные на снижение частоты встречаемости фрагментации ДНК и как следствие сохранение, восстановление репродуктивного потенциала.

Сpermограмма остаётся ведущим методом оценки мужской fertильности, однако стандартное исследование не объясняет все причины возникновения мужского бесплодия. Для конденсации ДНК во время сперматогенеза требуется ограниченное количество разрывов ДНК, превышение которого определённого уровня приводит к бесплодию у мужчин. [3]

Современные данные свидетельствуют о том, что существуют различия в качестве ДНК сперматозоидов у людей с высокой и низкой fertильностью. [4] Из литературных источников известно, что повреждения ДНК могут быть особенно выражены у мужчин с пониженной fertильностью, поэтому и существует связь между высоким уровнем повреждения ДНК сперматозоидов и снижением частоты зачатия, увеличением числа выкидышей. Кроме того, имеет место быть статистически значимая связь между повышенной фрагментацией ДНК сперматозоидов у отцов и повышенным риском нейроразвивающих расстройств (включая РАС и СДВГ) у их детей. Приведенные выше наблюдения привели к идею, что тестирование на фрагментацию ДНК сперматозоидов является полезным тестом на мужскую fertильность. [5]

Целью нашего исследования является установить важность определения фрагментации ДНК сперматозоидов.

В задачи работы входило изучение связи между характеристиками спермы и повреждением ДНК сперматозоидов у бесплодных пациентов.

Материалы и методы

Проведен анализ данных пациентов, обратившихся в клинику АО «Медицинская компания ИДК, ГК Мать и Дитя» (руководитель: главный врач Тугушев Марат Талгатович, к.м.н.) за период с июня по ноябрь 2025 г. в диагностическую лабораторию для обследования по профилю репродуктивного здоровья. В исследование были включены данные 115 пациентов без использования персональных данных.

Результаты и обсуждение

Всего среди 115 обследованных высокий ИФД обнаружен у 16,5 %. Средний- 26,0 %. Низкий — 57,4 %

Мы выделили две группы пациентов с нарушениями в spermограмме. Первую группу составили пациенты с нарушениями или концентрации, или подвижности или морфологии сперматозоидов. Вторую группу с несколькими изменениями (и подвижность, и морфология; и концентрация и морфология; и концентрация, и подвижность, и морфология) в анализе эякулята.

Высокие и средние значения ИФД у пациентов с нарушением общей концентрации обнаружены не были. При патологии подвижности высокая степень фрагментации

ДНК не была найдена, при этом средний ИФД имели 12,5 % обследованных. При нарушении морфологии у 24,3 % мужчин найдены высокий ИФД, у 46 % средняя степень фрагментации ДНК сперматозоидов.

Среди пациентов с несколькими нарушениями высокий ИФД составил 33 %. Средний ИФД 33 %.

Методом средних арифметических величин вычислен средний возраст пациентов с высоким и средним значениями индекса фрагментации ДНК. Так, и высокая и средняя степень фрагментации чаще встречаются у мужчин в возрасте 37 лет.

Среди 26,0 % пациентов со средним значением ИФД 6,7 % курят по 15 и больше сигарет в день. 10,5 % обследованных из 16,5 % имеющих высокий индекс фрагментации ДНК сперматозоидов злоупотребляют алкоголем и сигаретами.

В группе, состоящей из 93 обследованных было выделено три подгруппы: до 25 лет, с 25 до 35, старше 35. Средний ИФД в подгруппах возрастает в следующей последовательности: 2,15 %, 10,75 %, 19,35 %. Высокая степень фрагментации ДНК у мужчин до 25 лет не выявлена. В остальных нижеприведенных подгруппах динамика для высокого ИФД: с 7,53 % до 11,83 %.

Был выполнен сравнительный анализ частоты встречаемости замершей беременности в двух группах. Первая с высокими и средними значениями степени фрагментации ДНК. Вторая — с низким уровнем ИФД. Так, в первой группе замершая беременность встречалась в 24,5 % случаях. Во второй в 6 %.

Для количественной оценки вероятности влияния отягощенного анамнеза, как фактора риска повышения уровня ИФД был выполнен расчет относительного риска (RR). Так, основную группу составили пациенты, имеющие в анамнезе предрасполагающие факторы риска. В то время, как группа сравнения состояла из обследованных, у которых анамнез неизвестен или в нем отсутствуют возможные причины возникновения фрагментации ДНК. Абсолютный риск в основной группе составил 0,565 (из 72 человек у 37 выявлены высокие и средние значения ИФД). Абсолютный риск в контрольной группе 0,514 (из 43 обследованных 20 обнаружено с фрагментацией ДНК сперматозоидов). Разность рисков составила 0,051.

Выводы

Таким образом, было выявлено, что фрагментация ДНК сперматозоидов зависит преимущественно от внешних, устранимых факторов и не влияет на показатели spermограммы. В частности возраст, как фактор риска, является статистически значимой причиной увеличения показателя ИФД, что позволяет говорить о том, что деторождение не только женщинам, но и мужчинам необходимо планировать в более молодые годы. Пациентам данных групп необходимо рекомендовать исключение повреждающих условий и модификацию образа жизни (отказ от злоупотребления алкоголем, исключение таба-

кокурения, перегревания, психоэмоционального перенапряжения.) Кроме того, учитывая предположительное влияние повышенной степени ИФД на генетическое bla-

гополучие потомства, мужчинам из приведенных групп следует проходить тестирование на фрагментацию ДНК сперматозоидов.

Литература:

1. Caliskan Z, Kucukgergin C, Aktan G. et others. Evaluation of sperm DNA fragmentation in male infertility. *Andrologia*. 2022;54(11):e14587. doi:10.1111/and.14587.
2. Karavolos S. Sperm DNA Fragmentation. *Semin Reprod Med*. 2021;39(5–06):194–199. DOI:10.1055/s-0041-173626
3. Олефир Ю. В., Виноградов И. В., Родионов М. А. и др. Шестое руководство ВОЗ по обработке и исследованию эякулята: всё новое — это хорошо забытое старое? *Вестник урологии*. 2023;11(1):171–176. DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-1-171-176.2.2
4. Авадиева Н. Э. Применение ДНК фрагментации спермы в андрологической практике. *Вестник урологии*. 2019; 7(1): 7–11. DOI 10.21886/2308-6424-2019-7-1-7-11 ISSN 2308-6424.
5. Робинсон Л., Галлос И. Д., Коннер С. Дж. и др. Влияние фрагментации ДНК сперматозоидов на частоту выкидышей: систематический обзор и метаанализ. *Гулкий отчет*. 2012;27(10):2908–17. DOI: 10.1093/humrep/des261.

ГЕОЛОГИЯ

Инженерно-геологические условия района размещения объектов Западно-Чатылькинского нефтяного месторождения (Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция)

Зиннатуллин Айрат Рамилевич, студент

Научный руководитель: Мустафин Сабир Кабирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор
Уфимский университет науки и технологий

В работе проанализированы ключевые параметры инженерно-геологического строения района освоения месторождения, определяющие условия строительства и эксплуатации нефтепромысловых объектов. Автором приведены нормативные и расчетные физико-механические характеристики грунтов основания, а также дана оценка интенсивности развития опасных геологических процессов с учетом специфики геоморфологических условий территории.

Ключевые слова: инженерно-геологические условия, Западно-Чатылькинское месторождение, озерно-аллювиальные отложения, физико-механические свойства грунтов, опасные геологические процессы, морозное пучение, Пур-Тазовская провинция.

Engineering and geological conditions of the West-Chatylkinskiy object placement area oil field (West Siberian oil and gas province)

Zinnatullin Ayrat Ramilevich, student

Scientific advisor: Mustafin Sabir Kabirovich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor
Ufa University of Science and Technology

This paper analyzes the key parameters of the engineering geological structure of the field development area that determine the conditions for the construction and operation of oilfield facilities. The author presents normative and design physicalmechanical properties of the foundation soils and provides an assessment of the intensity of hazardous geological processes, taking into account the specific geomorphological conditions of the territory.

Keywords: engineering geological conditions, ZapadnoChatylkinskoye field, lacustrine alluvial deposits, physicalmechanical soil properties, hazardous geological processes, frost heave, Pur-Tazov Province.

В административном отношении Западно-Чатылькинское нефтяное месторождение относится к Красноселькупскому району ЯНАО, располагается в 280 км северо-западнее г. Ноябрьск. Западно-Чатылькинское месторождение открыто в 1989 году, в 2018 — введено в разработку. Площадь месторождения составляет 1351 км².

В физико-географическом отношении район проведения изысканий приурочен к центральной части севера Западно-Сибирской низменности, в пределах Пур-Тазовского междуречья. Геологическое строение участка определяется его положением в структуре Западно-Сибирской эпигерцинской плиты, где палеозойский фундамент перекрыт мощным (до 3–4 км) чехлом мезозойско-кайнозойских терригенных отложений. Именно с этими мезозойскими комплексами связаны промышленные запасы углеводородов Западно-Чатылькинского месторождения. Непосредственное влияние на инженерно-геологические условия оказывает верхняя часть разреза, представленная повсеместным распространением четвертичных отложений различного генезиса, мощность которых в данном районе достигает существенных величин.

Климат района следует характеризовать как резко континентальный, с избыточным увлажнением. Из-за совокупности факторов, среди которых положение в высоких широтах Пур-Тазовского междуречья, близость Арктического

бассейна, а также специфика холмисто-грядового рельефа, на данной территории проявляется суровая продолжительная зима с устойчивыми морозами, сильными ветрами и метелями, и короткое, умеренно теплое лето.

В географическом отношении территория находится в северной части Западной Сибири, в лесоболотной зоне Пур-Тазовской провинции северотаежной подзоны.

В геоморфологическом отношении участок изысканий Западно-Чатылькинского месторождения приурочен к водораздельному пространству Пур-Тазовского междуречья. Рельеф территории характеризуется как плоско-волнистый и грядово-холмистый с абсолютными отметками от 158,33 до 169,75 м БС. Поверхность представляет собой дренированную увалистую равнину, значительно расчлененную эрозионными ложбинами и густой сетью речных долин. Преобладающими формами мезорельефа являются пологие гряды и холмы-останцы.

Геологический разрез представляет собой согласное, горизонтальное залегание инженерно-геологических элементов. Он сложен озерно-аллювиальными отложениями (aI), которые перекрыты с поверхности голоценовыми и техногенными отложениями (tQIV). [5].

Территория участка изысканий относится к Западно-Сибирскому артезианскому бассейну, характерной особенностью которой является большая мощность мезо-кайнозойских отложений. В разрезе на изученную глубину 18,0 м выделен 1 водоносный горизонт: – озерно-аллювиальных отложений средней четвертичной системы (aQ I-IIInd). Подземные воды на территории проведения изысканий (ноябрь 2025г) до изученной глубины до 18,0 м на Западно-Чатылькинском месторождении вскрыты повсеместно на глубине от 4,2 до 8,3 м. Горизонт воды безнапорный. Водовмещающими грунтами являются прослои песков в суглинках тугопластичных, пески средние, пески пылеватые. Мощность обводненной толщи составляет 1,7–13,0 м. В результате бурения скважин до глубины 18,0 м региональный водоупор вскрыт не был. Подземные воды, отобранные из скважин весьма пресные, очень мягкие (жесткость карбонатная), гидрокарбонатные натриево-кальциевыми, с минерализацией 0,3 г/л. Согласно таблице В.3 СП 28.13330.2017 подземные воды на участке проявляют слабую агрессивность к бетону, по таким особенностям как бикарбонатная щелочность и водородный показатель.

Комплекс инженерно-геологических изысканий выполнялся для проектируемых объектов: куст скважин; кабельная эстакада; измерительная установка, ёмкость дренажная, осветительная установка, прожекторная мачта, высоковольтная линия. Инженерные изыскания охватывали территорию размещения ключевых узлов месторождения: устья добывающих скважин, трассы линейных коммуникаций, блоки технологического оборудования, системы сбора продукции, объекты энергоснабжения и мачтовые сооружения.

Согласно программе на инженерно-геологические изыскания [5] на объекте были выполнены: маршрутные наблюдения (рекогносцировочное обследование), буровые работы с привязкой скважин и отбором проб грунта и воды; лабораторные работы для определения классификационных показателей; камеральная обработка материалов.

В результате инженерно-геологической рекогносцировки местности, по полученным характеристикам и особенностям геологической среды, территорию изысканий следует отнести к III категории сложности инженерно-геологических условий согласно СП 11-105-97 [3].

После проведения рекогносцировки проводились буровые работы. Всего на проектируемом объекте было пробурено 22 разведочных скважин. Отбирались пробы воды для определения химического состава с последующей оценкой степени агрессивного воздействия воды на бетон и металлические конструкции. Из скважин отобрано три пробы воды.

Данные лабораторных определений, а также характеристики грунтов являются основой при выделении инженерно-геологических элементов. На основании ГОСТ 25100–2020 [1] грунты, находящиеся на территории участка изысканий, следует причислять к подгруппе осадочных, класс дисперсные (песчаные, глинистые). Разделение разреза на отдельные ИГЭ производилось с учетом генезиса отложений, их литологического состава и прочностных свойств. В пределах исследуемой толщи выделенные элементы характеризуются закономерной изменчивостью показателей влажности и плотности, что обусловлено особенностями формирования озерно-аллювиального комплекса района Западно-Чатылькинского месторождения нефти. В результате проведенного анализа было выделено четыре инженерно-геологических элемента:

ИГЭ-1801т — Техногенный грунт, представленный песком средним, серо-желтым, средней плотности, средней влажности (tIV). Мощность слоя от 0,8 до 3,0 м.

Таблица 1. Физико-механические характеристики ИГЭ — 1801т (Зиннатуллин А. Р., 2025)

Гранулометрический состав в %				
2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05
2,74	14,69	42,01	22,36	18,20
Природная влажность, %				11,6
Плотность грунта, г/см ³				2,32
Коэффициент водонасыщения, Sr				0,551
Плотность природная, ρ (коэффициент надежности)				1,82

ИГЭ-0402 — Суглинок серо-коричневый, легкий, песчанистый, тугопластичный, с прослойками песка до 5 см (а, I IIInd); Вскрытая мощность слоя от 0,5 до 12,1 м.

Таблица 2. Физико-механические характеристики ИГЭ — 0402 (Зиннатуллин А. Р., 2025)

Характеристика	Значение
Влажность природная, W (коэффициент надежности), %	23,3
Плотность частиц грунта, ρ_s , г/см ³	2,02
Коэффициент водонасыщения, Sr, д.ед	0,974
Плотность сухого грунта, ρ_d , г/см ³	1,64
Угол внутреннего трения при естественной влажности, ϕ (коэффициент надежности), град	22
Сцепление при естественной влажности, c_p (коэффициент надежности), МПа	26
Модуль деформации при естественной влажности, E (коэффициент надежности), МПа	18
Относительная деформация пучения, ε_{fp}	0,0203

ИГЭ-1201 — Песок пылеватый серо-коричневый, средней плотности, неоднородный, средней степени водонасыщения, с прослойками до 1 см суглинка тугопластичного. (а,I-IIInd). Вскрытая мощность слоя от 0,3 до 4,4 м.

Таблица 3. Физико-механическая характеристика ИГЭ-1201 (Зиннатуллин А. Р., 2025)

Гранулометрический состав в %				
2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05
3,50	6,90	20,10	36,3	33,20
Природная влажность, %				15,9
Плотность грунта, г/см ³				2,61
Коэффициент водонасыщения, Sr				0,699
Плотность природная, ρ (коэффициент надежности)				1,87

ИГЭ-1301 — Песок пылеватый серо-коричневый, средней плотности, неоднородный, водонасыщенный, с прослойками до 1 см суглинка тугопластичного. (а,I-IIInd). Вскрытая мощность слоя от 0,3 до 2,9 м.

Таблица 4. Физико-механическая характеристика ИГЭ-1301 (Зиннатуллин А. Р., 2025)

Гранулометрический состав в %				
2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05
2,47	5,22	25,83	32,51	33,97
Природная влажность, %				21
Плотность грунта, г/см ³				2,65
Коэффициент водонасыщения, Sr				0,819
Плотность природная, ρ (коэффициент надежности)				1,92

Согласно СП 34.13330.2012 инженерно-геологические элементы участка изысканий по степени пучения можно охарактеризовать как:

- ИГЭ — 1801т — непучинистый
- ИГЭ — 0402 — слабопучинистый
- ИГЭ — 1201 — слабопучинистый
- ИГЭ — 1301 — слабопучинистый

На участках проведения обследования из неблагоприятных инженерно-геологических процессов выявлены следующие:

— подтопление, территория изысканий по условиям формирования стока относится к зоне интенсивного эрозионного расчленения с временным скоплением поверхностных вод в понижениях рельефа. Часто встречающимися на участке изысканий являются процессы подтопления верховодкой, развивающиеся вследствие резкого снеготаяния и затрудненного дренажа на контакте песчаных и суглинистых отложений, категория опасности процесса подтопления вы-

деляется как весьма опасная (СП 115–13330–2016, таблица 5.1). Согласно СП 50–101–2004 [4], по характеру подтопления рассматриваемая территория относится к естественно подтопленной территории.

— морозное пучение, в отдельные годы при выпадении обильных осадков в весенние периоды будет наблюдаться увлажнение верхней толщи грунтов и изменение величины степени пучинистости возможно до чрезмерно пучинистой, в соответствии со СНиП 22–01–95 [2] по степени опасности морозного пучения территория участка изысканий причисляется к «весьма опасной»;

Литература:

1. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. — М.: Изд-во стандартинформ, 2013.
2. СНиП 22–01–95. Геофизика опасных природных воздействий. — М.: Изд-во Минстрой России, 1996.
3. СП 11–105–97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.
4. СП 50–101–2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
5. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации. Часть 1. Текстовая часть. Уфа, 2025г. 49 с.

Совершенствование методики обработки кривых восстановления давления в газовых скважинах с многостадийным гидравлическим разрывом пласта

Клименко Ян Игоревич, аспирант
Тюменский индустриальный университет

В нефтегазовой отрасли важна эффективность разработки месторождений с помощью многостадийного гидравлического разрыва пласта (ГРП). Методики обработки кривых восстановления давления — ключевой инструмент анализа эффективности ГРП и эксплуатации скважин. Их усовершенствование важно для повышения точности и оперативности данных, что улучшит управление добычей и рентабельность проектов.

Ключевые слова: МГРП, скважина, кривая восстановления давления.

Актуальность исследования методик обработки кривых восстановления давления в газовых скважинах, особенно после многостадийного гидравлического разрыва пласта (ГРП), обусловлена необходимостью повышения эффективности добычи и продления срока эксплуатации месторождений. Совершенствование данных методик позволяет более точно оценивать проницаемость и пористость пластов, определять зоны с наиболее высокими показателями остаточного газонасыщения и строить разработку наиболее рационально.

На примере месторождения Северное в Западной Сибири, где применялась многостадийный ГРП в сложных клиновидных пластах, делая вывод, что традиционные подходы к анализу кривых давления оказались неэффективными. Детальный анализ данных давлений с использованием усовершенствованных математических моделей и алгоритмов позволил разделить влияние фрактурной и поровой пористости, что было критично для корректного планирования дальнейших работ по разработке и управлению запасами месторождения.

Цель данного исследования — разработать и апробировать более точные методики обработки кривых давления, которые могут быть адаптированы для различных

типов газовых месторождений с многостадийным ГРП, обеспечивая таким образом повышение общей эффективности и оптимизацию процессов добычи.

Традиционно в нефтегазовой области для анализа кривых восстановления давления используют классические методы, такие как стандартные теории проникновения жидкости в пористую среду. Однако эти методы могут быть неэффективны для скважин с многостадийным гидроразрывом пласта (ГРП), поскольку они не учитывают множественные трещины и изменчивость свойств пласта по длине горизонтальных стволов. В качестве примера можно рассмотреть месторождение Северное, где традиционный анализ не позволил точно оценить продуктивность скважин после проведения ГРП. В этом случае, применение усовершенствованных численных моделей, таких как моделирование с использованием метода конечных элементов, позволило точнее оценить эффективность стадий разработки и определить оптимальные параметры эксплуатации скважин. Эти методы включают в себя моделирование как самого процесса гидроразрыва, так и последующей фазы добычи, что способствует более объективной оценке работы скважины и повышению её продуктивности.

Особенности многостадийного гидравлического разрыва пласта в газовых скважинах

Многостадийный гидравлический разрыв пласта (ГРП) является ключевым методом для увеличения продуктивности газовых скважин, особенно в тех случаях, когда речь идет о разработке сланцевых формаций. Этот процесс включает создание серии трещин в пласте, что обеспечивает более широкий доступ к запасам углеводородов. Для иллюстрации можно рассмотреть месторождение Восточно-Техасское, где применение многостадийного ГРП позволило значительно увеличить дебит скважин и ускорить восстановление начального уровня давления. Здесь технический подход включал использование гидравлического давления для создания микротрещин в плотных пластах, что способствовало повышению их проницаемости и эффективности отбора газа [1].

Однако эффективность ГРП зависит от точности методики обработки получаемых данных. Проект с Восточно-Техасским месторождением показывает, как важно адаптировать методы обработки кривых восстановления давления для учета особенностей многостадийного ГРП. Четкий анализ данных помогает определить оптимальное количество стадий и их расположение, снижая тем самым риски и повышая общую экономическую эффективность проекта [2].

Процесс совершенствования методики обработки кривых восстановления давления в газовых скважинах с многостадийным гидравлическим разрывом пласта (ГРП) основывается на исследовании динамики изменения давления с учётом новых данных о структуре пласта и его физико-химических свойствах. Ранее исполь-

зовались стандартные подходы, которые не всегда точно отражали реальное поведение скважин после ГРП, особенно в сложных геологических условиях [3].

На примере месторождения Южно-Русское, одного из крупнейших газовых месторождений в России, можно наглядно продемонстрировать эффективность усовершенствованной методики обработки кривых восстановления давления. При многостадийной гидроразрывной пласти (ГРП), проведенной на скважине 8Б, методика показала свою способность точно анализировать изменения в поведении пласта и давления, что важно для понимания траектории добычи газа после вмешательств [4].

Ранее использовавшиеся стандартные методы часто приводили к ошибкам в интерпретации данных из-за особенностей разреза пластов, подвергшихся ГРП. Новая методика использует комплексный подход, объединяющий улучшенные модели проницаемости и гидравлической связности между трещинами. Это помогло оптимизировать режимы эксплуатации скважины, а также улучшить планирование новых стадий ГРП.

Результаты на северном фланге Южно-Русского месторождения показали, что после применения новой методики время восстановления давления сократилось на 14 %, а точность прогнозов увеличилась на 22 %. Эти данные подтверждают целесообразность интеграции усовершенствованной методики в стандартные процессы мониторинга и разработки газовых месторождений [5]. В дальнейшем, на основании этих выводов, планируется расширение применения методики на другие скважины месторождения, что будет способствовать увеличению их продуктивности и снижению рисков.

Литература:

1. <https://neftegaz.ru/tech-library/tekhnologii/142382-mnogostadiynyy-gidravlicheskiy-razryv-plasta-mgrp/>. — Текст: электронный // Нефтегаз: [сайт]. — URL: <https://neftegaz.ru> (дата обращения: 23.12.2025).
2. Щелкачев, В. Н. Состояние разработки отечественных нефтяных месторождений в сравнении с зарубежными / В. Н. Щелкачев. — Текст: непосредственный // Разработка нефтяных и нефтегазовых месторождений. состояние, проблемы и пути их решения. — Альметьевск: Всероссийский науч. ин-т орг. упр. и экономики нефтегазовой промышленности (Москва), 1996. — С. 32–48.
3. Мартюшев, Д. А. Анализ методик обработки кривых восстановления давления в трещинно-поровых коллекторах / Д. А. Мартюшев, Т. С. Ладейщикова. — Текст: непосредственный // Инженер-нефтяник. — 2015. — № 2. — С. 54–58.
4. Шарипов, Р. И. Термогидродинамическое моделирование туронской залежи Южно-Русского месторождения с учетом предельно-допустимых депрессий / Р. И. Шарипов, В. В. Кельметр. — Текст: непосредственный // Научно-технический сборник Вести газовой науки. — 2023. — № 4 (56). — С. 45–53.
5. Анализ результатов комплекса газодинамических исследований скважин пласта ПК1 Южно-Русского месторождения / В. В. Воробьев, В. Б. Белоус, А. В. Красовский, В. А. Варламов. — Текст: непосредственный // Наука и ТЭК. — 2011. — № 1. — С. 36–40.

Bottom hole assembly optimization for dogleg severity management in horizontal drilling operations

Nada Ahmed Mohamed Omar Mohamed, master's student
Ufa State Oil Technical University

Horizontal drilling has revolutionized the oil and gas industry by enabling access to reservoirs that were previously uneconomical or inaccessible through vertical wells. This technique involves drilling a wellbore that deviates from vertical to horizontal, often extending thousands of feet laterally to maximize contact with hydrocarbon-bearing formations. However, one of the critical challenges in horizontal drilling is managing dogleg severity (DLS), which refers to the rate of change in the wellbore's direction. High DLS can lead to issues such as increased torque and drag, equipment fatigue, stuck pipe, and compromised well integrity. Bottom Hole Assembly (BHA) optimization plays a pivotal role in controlling DLS. The BHA is the lower portion of the drill string, comprising components like the drill bit, stabilizers, reamers, and steering tools. By carefully designing and selecting BHA configurations, operators can achieve smoother well trajectories, reduce operational risks, and enhance overall drilling efficiency. This article explores the principles of BHA optimization specifically for DLS management in horizontal drilling operations, drawing on industry practices and research findings. In recent studies, approaches like steering prediction modeling have been used to select optimal BHA configurations for rotary steerable systems, focusing on mechanical interactions to predict and mitigate excessive DLS. For instance, finite element models simulate BHA behavior under various loads to identify configurations that balance steering power and neutral tendencies.

Keywords: Bottom Hole Assembly (BHA), Dogleg Severity (DLS), Horizontal Drilling, Directional Drilling, Rotary Steerable System (RSS), Torque and Drag, Wellbore Trajectory, Wellbore Tortuosity, Finite Element Analysis (FEA), Stabilizers, Mud Motor, Extended Reach Drilling, Trajectory Control, Build Rate, Pendulum Assembly.

Horizontal drilling illustrations highlight the transition from vertical to lateral sections, where DLS is most pronounced during the curve-building phase.

Understanding Bottom Hole Assembly (BHA)

Understanding Bottom Hole Assembly (BHA) The BHA is essential for directing the drill bit and maintaining wellbore stability. Key components include the drill bit for cutting rock, drill collars for providing weight on bit (WOB), stabilizers to

centralize the assembly and control deviation, and specialized tools like mud motors or rotary steerable systems (RSS) for directional control. In horizontal drilling, the BHA must be robust enough to handle high torsional loads while allowing precise trajectory adjustments. Optimization of BHA involves selecting components based on factors such as well profile, formation characteristics, and desired build rates. For example, in complex well profiles, combining BHA with fixed cutter drill bits and flow-activated friction reduction tools has shown promise in enhancing directional performance.

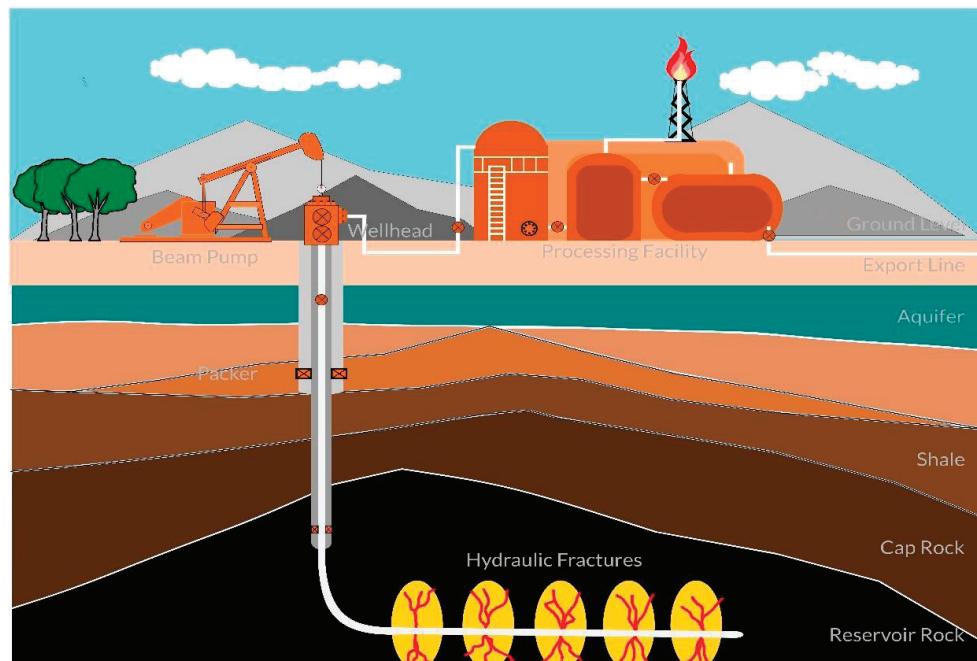


Fig. 1. Everything You Need to Know About Oilwell Drilling — Borregaard

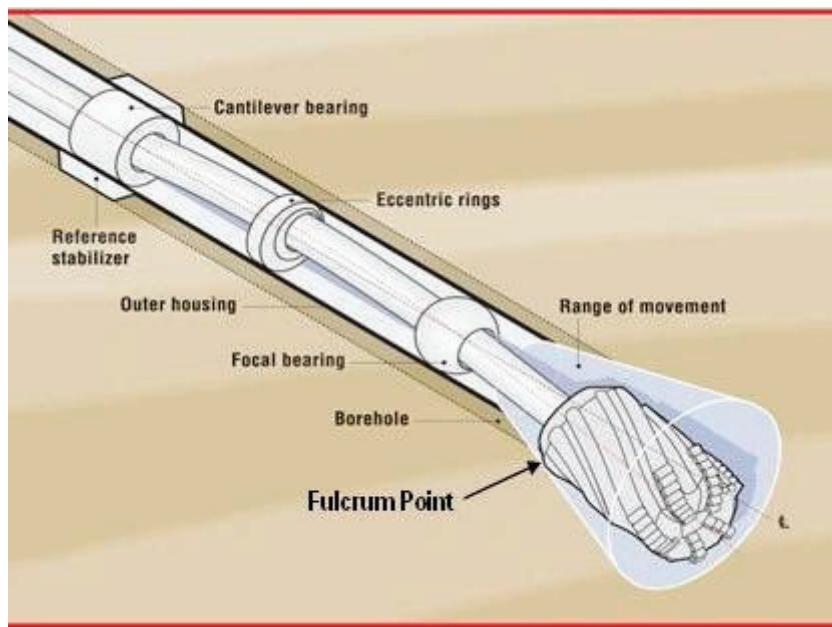


Fig. 2. Bottom Hole Assembly: What It Is and Its Uses — Rock Drilling Tool...

This integrated approach reduces friction and improves weight transfer, crucial for managing DLS in extended-reach horizontals. A typical BHA diagram illustrates the arrangement of components, from the bit at the bottom to connectors linking to the drill string. Common BHA types for horizontal drilling include pendulum assemblies for natural drop tendencies, packed-hole assemblies for stability, and fulcrum assemblies for building inclination. Selecting the right type minimizes unintended doglegs and ensures the well stays on plan.

What is Dogleg Severity (DLS)?

Dogleg severity is quantified as the change in wellbore direction per unit length, typically measured in degrees per 100 feet (or 30 meters). It is calculated using survey data from inclination and azimuth measurements at successive points along the wellbore. The formula for DLS is derived from the curvature of the trajectory, often using the minimum curvature method for accuracy. High DLS can cause excessive bending stresses on the drill string, leading

to fatigue failure in components like drill pipe or casing. In horizontal sections, maintaining low DLS is vital to prevent keyseating, where the pipe wears a groove in the wellbore wall. Research shows that DLS should be controlled inversely proportional to drilling drag in horizontal wells to optimize friction management.

Diagrams of dogleg severity often depict the angular change over distance, highlighting real versus apparent doglegs in 3D space. Methods for modeling DLS include inputting tool parameters and loads into simulation software to predict borehole curvature. These models help forecast potential issues before drilling commences.

Challenges in Horizontal Drilling Related to DLS

Horizontal drilling operations face several challenges exacerbated by poor DLS management. These include increased torque and drag, which hinder weight transfer to the bit and elevate the risk of buckling. In extended-reach wells, high DLS amplifies friction, potentially leading to stuck pipe or reduced

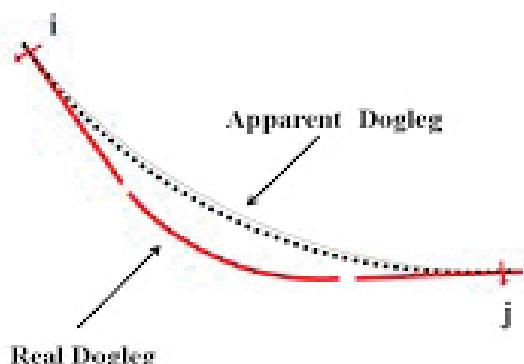


Fig. 3. Casing Wear Series 12: Dogleg Severity | Pegasus Vertex, Inc. Blog

rate of penetration (ROP). Wellbore tortuosity, a direct result of varying DLS, affects completion operations by making it difficult to run casing or install production equipment. Studies in basins like the Eagle Ford and Permian have shown that

conventional motor BHAs with high bend angles (>2 degrees) often produce build rates exceeding planned DLS, resulting in tortuous wellbores. Conversely, lower bend angles with added stabilizers promote smoother trajectories.

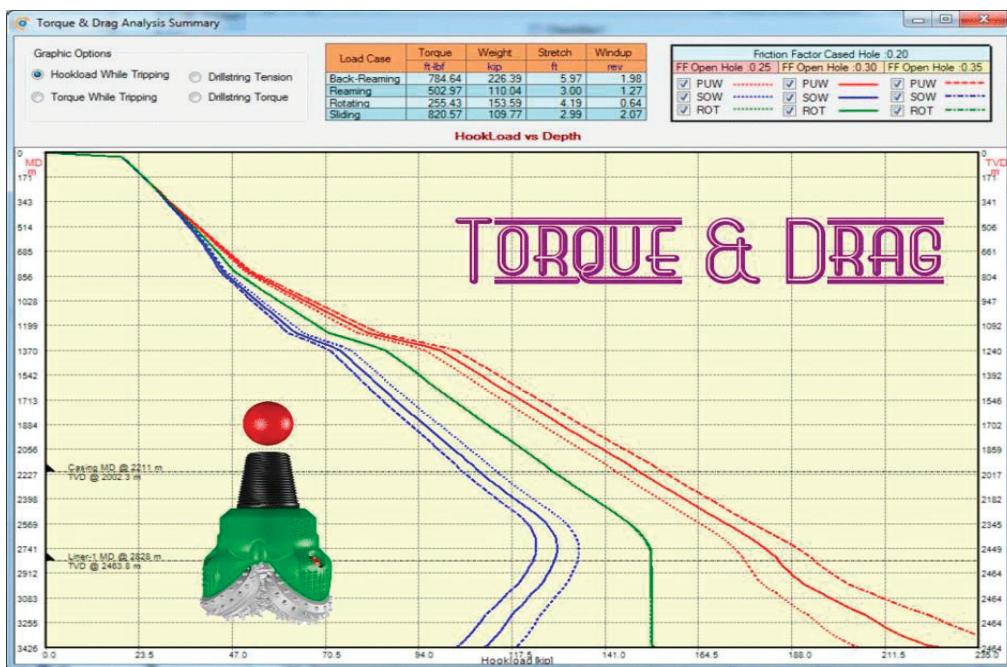


Fig. 4. Understanding Torque & Drag: Concepts and Analysis

Illustrations of torque and drag show forces acting on the drill string elements, emphasizing how DLS contributes to these stresses. Additionally, formation heterogeneity can induce unplanned doglegs, requiring real-time BHA adjustments. Particle swarm optimization algorithms have been applied to minimize DLS in directional wells by optimizing well patterns and measured depths.

Optimization Techniques for BHA in DLS Management

Optimizing BHA for DLS involves iterative modeling and field testing. One effective method uses static finite element analysis to simulate BHA interactions with the borehole, evaluating steering gain and bias across configurations. This approach normalizes performance metrics to select BHAs with optimal mechanical characteristics for specific inclinations. Integrated designs incorporating anti-deviation and vibration reduction features, such as multiple stabilizers and lower bend motors, have proven effective in maintaining verticality and reducing DLS in deviated sections. For horizontal laterals, pendulum BHAs optimized for maximum WOB help control drop tendencies.

Techniques for DLS management are visualized through formulas and scenarios, like controlling build rates proportionally to drag. Advanced tools like RSS allow precise control without sliding, reducing tortuosity. Validation through slide ratios and surveys ensures BHA selections align with dogleg requirements.

Case Studies and Practical Applications

In a study on rotary steerable BHAs, configurations were tested at inclinations of 10°, 45°, and 80°, revealing that certain diameters (e.g., 6.75-in. to 11-in.) maximize steering gain while minimizing bias. This led to improved drilling success in horizontal operations. Another case in complex wells demonstrated that flow-activated friction reduction tools combined with optimized BHAs reduced drag and enhanced trajectory control. In US land drilling, shifting to lower-bend BHAs with stabilizers decreased tortuosity and improved wellbore quality in high-DLS-prone basins.

Well trajectory profiles in horizontal drilling showcase optimized paths with controlled DLS curves. Path optimization advisors using analytical tools account for BHA tendencies in slide drilling, assuming constant tool face for ideal trajectories.

Conclusion and Best Practices

Effective BHA optimization is key to managing DLS in horizontal drilling, ensuring safer and more efficient operations. By leveraging modeling techniques, selecting appropriate components, and validating through field data, operators can mitigate risks associated with high curvature. Best practices include using finite element simulations for pre-drill planning, incorporating stabilizers for stability, and employing RSS for precise control. Continuous monitoring with real-time data allows adjustments to maintain low DLS.

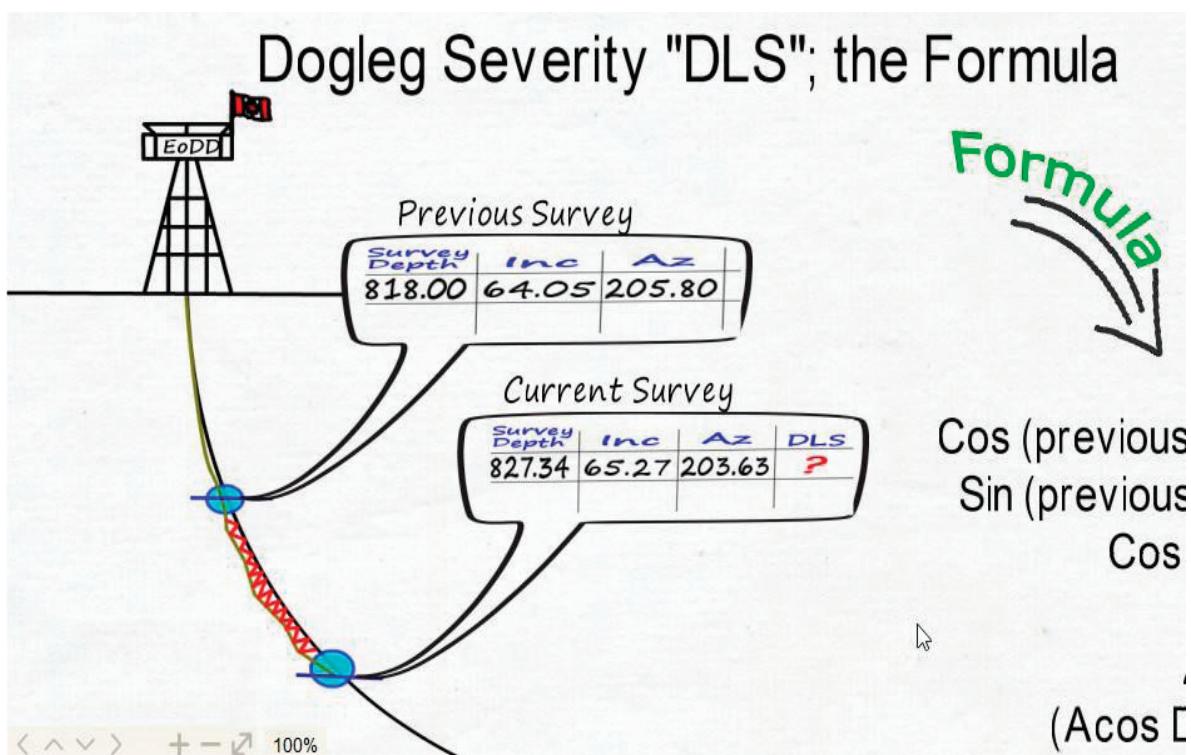


Fig. 5. Dogleg Severity; the Formula (longhand), know your basics...

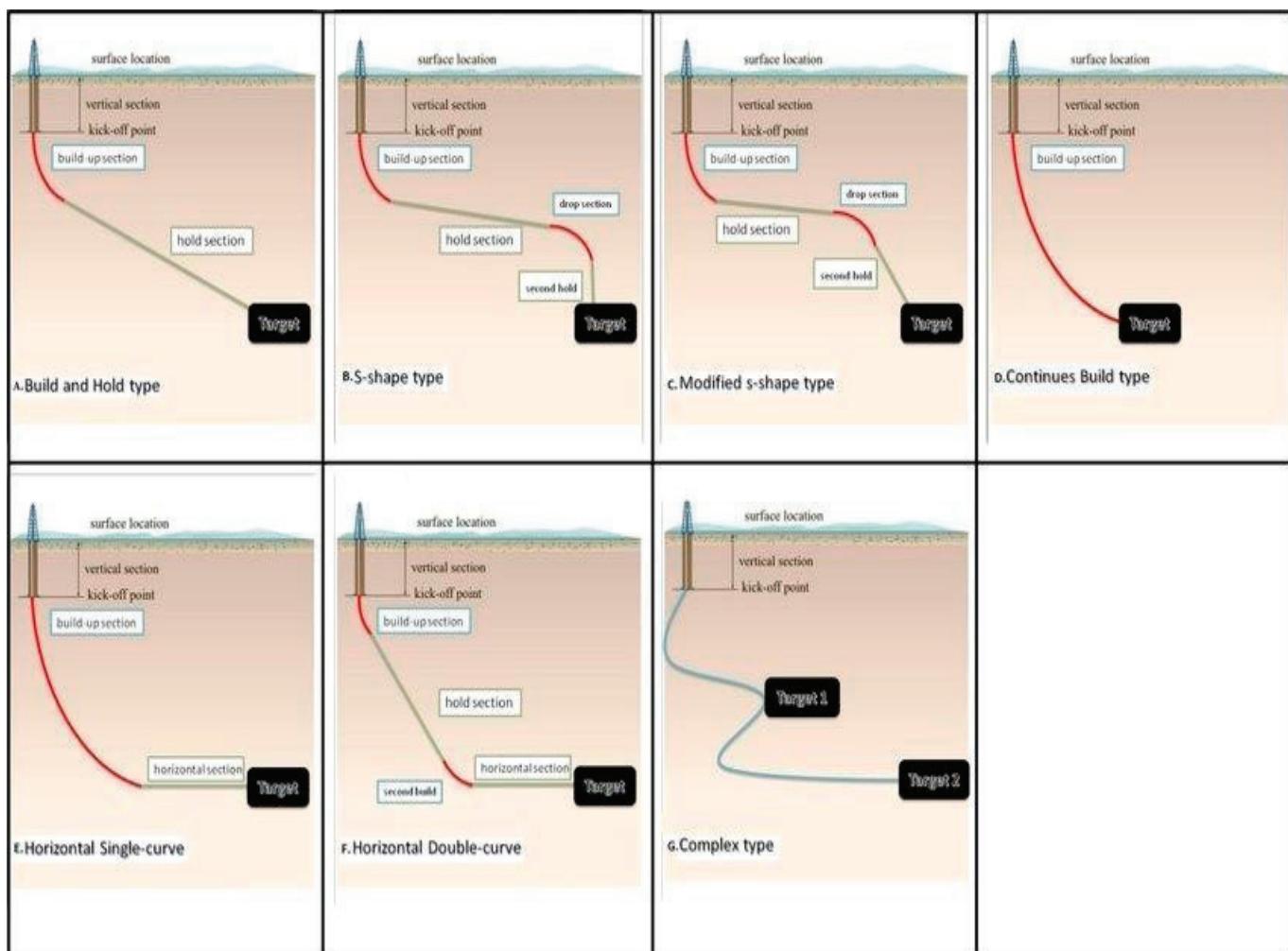


Fig. 6. Directional Drilling well types | Download Scientific Diagram

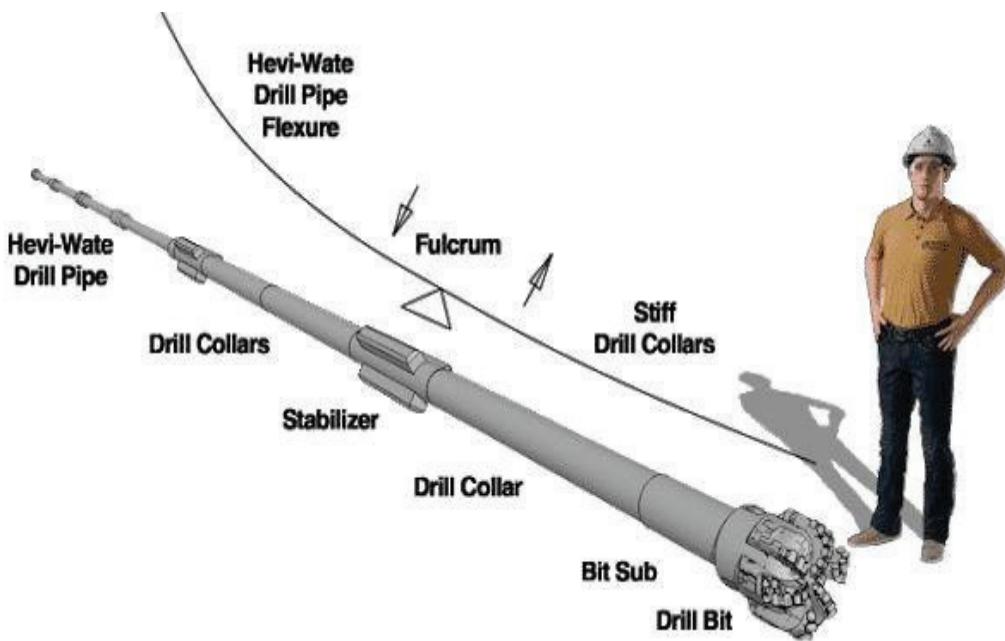


Fig. 7. A Dive into the Bottom Hole Assembly (BHA) in Oil and Gas Drilling

Future advancements may integrate AI-driven optimization for even better outcomes.

Detailed BHA component breakdowns aid in visualizing optimized assemblies for DLS management.

References:

- Chen, Y., et al. (2023). «Influence of Wellbore Dogleg Severity on Drilling Friction in Horizontal Wells». *Geofluids*, Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/9973863> (Discusses the impact of DLS on friction and recommendations for control in horizontal wells.)
- Janwadkar, S., et al. (2011). «Overcoming Challenges for Drilling HighDogleg-Severity Curves». SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, One Petro. <https://onepetro.org/SPEDC/proceedings-abstract/11DC/11DC/149335> (Explores high-DLS curves with rotary steerable systems and single BHA solutions.)
- Hussain, S., et al. (2023). «Optimizing Directional Drilling by Enhancing Bottom Hole Assembly Design in Complex Well Profiles». Middle East Oil, Gas and Geosciences Show, OnePetro. <https://onepetro.org/SPEMEOS/proceedings/23MEOS/23MEOS/D032S122R004/517506> (Focuses on integrated BHA designs with friction reduction tools for better trajectory control.)
- Mills, K.A., et al. (2016). «Micro Dogleg Detection with Continuous Inclination Measurements and Advanced BHA Modeling». Helmerich & Payne Technical Publication. <https://www.helmerichpayne.com/resources/technicalpublications/micro-dogleg-detection-with-continuous-inclination-measurements-and-advanced-bha-modeling> (Uses trajectory prediction models to estimate microdoglegs and optimize BHAs.)
- Menand, S., et al. (2015). «Selection of Optimum Bottom Hole Assembly Configuration Using Steering Prediction Modeling». *Journal of Petroleum Science and Engineering*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510015301530> (Describes numerical modeling for optimal BHA selection in rotary steerable systems, including finite element analysis for DLS prediction.)
- Noel, A., et al. (2023). «New One BHA Solution for High Dogleg Severity Curve and Lateral Drilling». SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, OnePetro. <https://onepetro.org/SPEDC/proceedings-abstract/23DC/323DC/D031S022R001/516787> (Case study on single BHA for high-DLS curves and long laterals in the Permian Basin.)
- Drilling Manual. (2024). «Dogleg Severity Guide, Calculation & Formula». <https://www.drillingmanual.com/dogleg-severity-guide-calculation-formula/> (Practical guide to DLS consequences, calculations, and effects on BHA.)

Оценка подземных вод палеоген-четвертичных отложений Северо-Комсомольского месторождения (ЯНАО)

Фаезов Рафаэль Раилевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Мустафин Сабир Кабирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор
Уфимский университет науки и технологий

В статье автор исследует результаты комплексной гидрогеологической оценки верхнего водоносного этажа Северо-Комсомольского месторождения (Ямalo-Ненецкий автономный округ)

Ключевые слова: Северо-Комсомольское месторождение, гидрогеология, четвертичный водоносный комплекс, олигоценовый водоносный горизонт, подземные воды, ЯНАО, Обь-Тазовский артезианский бассейн.

Освоение нефтегазовых месторождений в криолитозоне Западной Сибири требует надежного обеспечения хозяйственно-питьевого водоснабжения, что, в свою очередь, невозможно без детальной оценки ресурсов и условий формирования подземных вод. Верхняя часть геологического разреза, представленная палеоген-четвертичными отложениями, содержит основные запасы пресных вод региона и является ключевым объектом для водозаборных сооружений. Северо-Комсомольское месторождение, расположенное в пределах Обь-Тазовского артезианского бассейна, не является исключением. Однако комплексная гидрогеологическая характеристика его приповерхностных водоносных комплексов, необходимых для обоснования водоснабжения, в открытых источниках освещена недостаточно.

Район исследований относится к верхнему этажу Обь-Тазовского артезианского бассейна пластовых вод мощностью до 300–400 м, содержащего преимущественно пресные воды. В его пределах выделяется ряд самостоятельных бассейнов подземного стока, границы которых контролируются главными эрозионными врезами. Для территории Северо-Комсомольского месторождения таковыми являются бассейны рек Пяку-Пур и Пурпе. Естественные ресурсы здесь формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков, а гидродинамика характеризуется нисходящим движением вод на водоразделах и восходящим — в зонах разгрузки в речные долины, где формируются области перетекания между горизонтами [4].

В соответствии с данной региональной схемой, в разрезе месторождения для практического использования представляют интерес два основных водоносных объекта: четвертичный и олигоценовый комплексы.

Четвертичный водоносный комплекс (ВК) приурочен к озерно-аллювиальным и аллювиальным отложениям, сплошным чехлом перекрывающим палеоген. Водовмещающими породами являются разнозернистые пески и супеси суммарной мощностью до 30 м. Воды комплекса, в основном, безнапорные, с уровнем залегания от 0.3 до 20 м, четко следующем за рельефом и дренируемые местной речной сетью.

Водообильность горизонта характеризуется дебитами скважин 2.0–12.5 л/с при удельных дебитах 0.2–2.0 л/с·м.

Средний коэффициент фильтрации составляет около 8 м/сут, гравитационная водоотдача — 16 %. Режим уровней высокодинамичен с сезонными колебаниями до 1.5 м, минимальными значениями в апреле и максимумом в июне-июле, что напрямую связано с инфильтрацией талых и дождевых вод.

По химическому составу воды ультрапресные (минерализация 0.06–0.08 г/л), гидрокарбонатные магниево-кальциевые, с нейтральным pH (7.0–7.25). Ключевой особенностью является устойчиво высокое содержание общего железа (6–10 мг/л) и марганца (0.78–1.42 мг/л), связанное, вероятно, с присутствием органоминеральных комплексов в водовмещающих отложениях [2].

Таким образом, четвертичный ВК представляет собой неглубокий, высокопроницаемый горизонт прямого инфильтрационного питания, чьи гидродинамика и гидрохимия тесно связаны с поверхностными факторами.

Олигоценовый (эоцен-олигоценовый) водоносный горизонт (ВГ) заключен в континентальных песках атлымской и новомихайловской свит, залегающих на глубинах с отметками кровли ниже -70 м. Это основной эксплуатационный объект района. Воды напорные, пресные (сухой остаток 0.1–0.3 г/л), гидрокарбонатные магниево-кальциевые, мягкие. Как и в четвертичном ВК, для них регионально характерны повышенные концентрации железа, кремния, марганца и пониженные — фтора.

Водообильность горизонта высока: дебиты скважин достигают 10–12 л/с, расчетная водопроводимость — около 1000 м²/сут, что свидетельствует о его значительном ресурсном потенциале [1].

Следовательно, олигоценовый ВГ является главным источником водоснабжения, обладающим значительными эксплуатационными возможностями, но требующим учета специфики химического состава.

Проведенный анализ позволяет рассматривать четвертичный и олигоценовый водоносные объекты не изолированно, а как единую гидродинамическую систему. Четвертичный ВК, не имея самостоятельного значения для крупного водоснабжения, выполняет критически важную роль защитного и регулирующего «буфера». Именно через него осуществляется инфильтрационное питание нижележащего олигоценового горизонта. На водоразделах, где уровни четвертичных вод на 1.5–5 м выше, формирую-

ется нисходящее перетекание. В долинах рек, где напоры в олигоцене превышают уровни в четвертичных отложениях, происходит восходящая разгрузка и перетекание в аллювий.

Эта взаимосвязь определяет механизм формирования эксплуатационных запасов подземных вод (ЭЗПВ) в олигоценовом горизонте. Слоистая толща «работает» как единый двухпластовый коллектор, где нижний пласт (олигоцен) обеспечивает проводимость, а верхний (четвертичный) — емкостные свойства и постоянное питание. Установленный для региона модуль прогнозных эксплуа-

тационных ресурсов, составляющий $3.5 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$, подтверждает данную модель. В долинах рек его величина может существенно возрастать за счет привлечения транзитного речного стока, что дополнительно повышает ресурсный потенциал в наиболее освоенных частях территории [3].

Полученная комплексная оценка служит научно-обоснованной гидрогеологической основой для проектирования устойчивой системы водоснабжения Северо-Комсомольского месторождения, а также для прогноза изменений гидрогеологической обстановки при его промышленном освоении.

Литература:

1. «Геология и полезные ископаемые России. Т. 2. Западная Сибирь» (в 2-х кн.) / Под ред. А. Э. Конторовича. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.
2. «Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина» (под ред. Б. В. Боревского). — М.: Недра, 1970.
3. «Инженерно-геологические и геокриологические условия Западно-Сибирской газоносной провинции» / Под ред. В. Т. Трофимова. — М.: Изд-во МГУ, 1986.
4. Зорин А. Л., Михеев В. И. Подземные воды Западно-Сибирского мегабассейна и их роль в формировании месторождений нефти и газа. — М.: Научный мир, 2009.

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 52 (603) / 2025

Выпускающий редактор Г. А. Письменная

Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова

Художник Е. А. Шишков

Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 07.01.2026. Дата выхода в свет: 14.01.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.