



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№5(85)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2025



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

№ 5 (85)
Июнь 2025 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2025

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

Председатель редколлегии:

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

Редакционная коллегия:

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

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

НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам LXXXV междунар. науч.-практ. конф. – № 5(85). – М.: Изд. «МЦНО», 2025. – 78 с.

ISSN 2541-8394

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

ББК 22+3

ISSN 2541-8394

© «МЦНО», 2025

Оглавление

Доклады конференции на русском языке	6
Раздел 1. Технические науки	6
1.1. Машиностроение и машиноведение	6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ШЛИФОВАНИИ СФЕРИЧЕСКИХ ТОРЦОВ КОНИЧЕСКИХ РОЛИКОВ Гущин Валерий Максимович Бурлов Александр Сергеевич Павлов Иван Михайлович	6
ПРИМЕНЕНИЕ САЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ Пахомов Алексей Дмитриевич	14
1.2. Metallургия и материаловедение	23
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Мұратов Иманғали Асланұлы Мұратов Құрмағали Асланұлы Шайхысламов Аманжол Нұрымұлы Сартабанова Асем Абдимуратовна	23
1.3. Приборостроение, метрология и информационноизмерительные приборы и системы	28
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ: МИНИМИЗАЦИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА И ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ Амантай Өділбек Қуанышбекұлы Доғдырбайұлы Нұралла Нұржігіт Ардақ Хасенұлы Беркешева Асель Салимжановна	28
1.4. Радиотехника и связь	33
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АНТЕННЫ Магомедкеримов Руслан Гераклиевич	33

1.5. Строительство и архитектура	40
ЦИФРОВАЯ ТЕМПОРАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА «КРАСНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК»: МЕТОДИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ Туляков Сергей Германович Гришин Сергей Фёдорович	40
1.6. Электроника	48
ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК: ПРИНЦИП РАБОТЫ, ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ Любимов Даниил Витальевич Мантатов Дмитрий Павлович Павлова Светлана Валерьевна	48
Conference papers in english	53
Section 1. Technical Sciences	53
1.1. Computer science, engineering and management	53
COMPARATIVE ANALYSIS OF MODELS FOR ESTIMATING THE COMPLEXITY OF IT PROJECTS IN THE ROCKET AND SPACE FIELD: FROM COCOMO II TO FUNCTIONAL POINT ANALYSIS Ааб Анастасия Валерьевна	53
Қазақ тіліндегі конференция баяндамалары	58
Бөлім 1. Техникалық ғылымдар	58
1.1. Информатика, инженерия және менеджмент	58
"СНПС-АҚТӨБЕМҰНАЙГАЗ"АҚ" КОМПАНИЯСЫНДА БҰТАЛЫ АЛАҢДАРДА SCADA-ЖҮЙЕЛЕРІН ЕНГІЗУ: ТӘЖІРІБЕ, ТИІМДІЛІК ЖӘНЕ ПЕРСПЕКТИВАЛАР Алпамыс Меирлан Ерболулы Амир Мұхаммедәли Берікұлы Артыгалин Ербол Бектурович Беркешева Асель Салимжановна	58

МҰНАЙ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕРДІ ЕНГІЗУ: 63
ТЕХНОЛОГИЯЛАР, ӘСЕРЛЕР ЖӘНЕ ПЕРСПЕКТИВАЛАР

Арыстанғалиев Ерлан Айбекович

Құлмұрзин Әділ Сәкенұлы

Құнанбай Абилман Абайұлы

Тажиева Гульден Нуржановна

ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ЖҰМЫСЫН АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ 67

ТҮЗЕТУ ҮШІН "ҚАРАШЫҒАНАҚ ПЕТРОЛИУМ

ОПЕРЕЙТИНГ" МЛ – АЛГОРИТМДЕРІН

Қойшекенов Азат Ақанұлы

Егінбай Бекқожа Бауыржанұлы

Сисенов Азамат

Әділ Бекзат Байыржанұлы

Тажиева Гульден Нуржановна

1.2. Көлік 73

ТЕМІРЖОЛ АВТОМАТИКАСЫ ЖӘНЕ ТЕЛЕМЕХАНИКА 73

ЖҮЙЕЛЕРІН ЖОБАЛАУДЫҢ ПАЙДАЛАНУ НЕГІЗДЕРІ

Андаш Жасұлан Халжанұлы

Баймағамбетов Бауыржан Тілекқабұлұлы

Шопанова Гүлжан Ережепқызы

ДОКЛАДЫ КОНФЕРЕНЦИИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ШЛИФОВАНИИ СФЕРИЧЕСКИХ ТОРЦОВ КОНИЧЕСКИХ РОЛИКОВ

Гуцин Валерий Максимович

магистрант,

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.,
РФ, г. Саратов*

Бурлов Александр Сергеевич

магистрант,

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.,
РФ, г. Саратов*

Павлов Иван Михайлович

д-р техн. наук, профессор,

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.,
РФ, г. Саратов*

Одним из важнейших достоинств конических радиально-упорных подшипников является высокая грузоподъемность как в радиальном, так и в осевом направлениях. Исследованиями [1, 2, 3] установлено преимущество сопряжения сферической формы торца роlikоопоры и борта внутреннего кольца подшипника из-за максимально возможной площади контакта, вызывающей наименьшее удельное давление в пятне контакта

ролика с бортом и, как следствие, снижение потерь на трение. Кроме того, сферический торец ролика более технологичен в сравнении с другими.

Полное устранение скольжения между торцом ролика и опорным бортом не представляется возможным, поэтому актуальной остается задача его снижения. Решению этой задачи призвана качественная обработка торцевой поверхности ролика шлифованием.

Шлифование является одним из ключевых этапов обработки поверхности роликов, обеспечивающих высокую точность геометрической формы и качество поверхности, влияющих на надежность и долговечность изделия. Рассмотрим влияние кинематических параметров процесса шлифования – угловую скорость заготовки, скорость подачи и относительное перемещение инструмента – на формирование геометрии поверхности торца ролика. Комплексному анализу этих параметров в контексте торцевого шлифования конических поверхностей в исследованиях уделено недостаточно внимания.

Целью статьи является определение зависимости полной скорости вращения роликов при полном цикле обработки, припуска на операцию шлифования от времени обработки, кинематическое исследование конических роликов в процессе шлифования, позволяющие определить рациональные режимы резания для обеспечения их качественных торцевых поверхностей.

В процессе обработки торца бесцентровым шлифованием ролик совершает сложное движение: вращение вокруг своей оси и вращение вокруг оси барабана (рисунок 1)

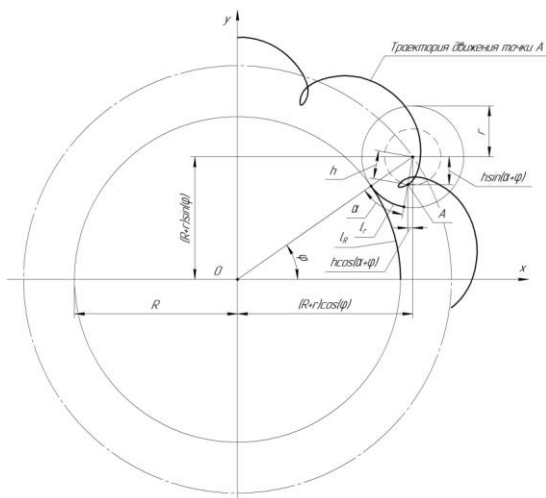


Рисунок 1. Схема движения ролика

Рассмотрим движение точки A , удаленной от центра ролика на некоторое расстояние h .

Известно, что $\alpha = \omega_б t$, $\varphi = \omega_p t$

Введем оси x и y , проходящие через центр барабана. Тогда координаты точки A будут равны

$$\begin{cases} x = (R + r) \cos \varphi - h \cos(\alpha + \varphi) = (R + r) \cos(\omega_б t) - h \cos([\omega_б + \omega_p]t) \\ y = (R + r) \sin \varphi - h \sin(\alpha + \varphi) = (R + r) \sin(\omega_б t) - h \sin([\omega_б + \omega_p]t), \end{cases} \quad (1)$$

Учитывая, что $\omega_p = \frac{R}{r} \omega_б$, получим следующее

$$\begin{cases} x = (R + r) \cos(\omega_б t) - h \cos\left(\omega_б \left[1 + \frac{R}{r}\right] t\right) \\ y = (R + r) \sin(\omega_б t) - h \sin\left(\omega_б \left[1 + \frac{R}{r}\right] t\right), \end{cases} \quad (2)$$

где R – радиус барабана,

r – радиус образующей сферы ролика,

$\omega_б$ – угловая скорость барабана,

ω_p – угловая скорость ролика, t – время

Продифференцировав уравнения движения ролика по времени, получим скорости по координатам x и y соответственно

$$\begin{cases} \dot{x} = h \omega_6 \left(1 + \frac{R}{r}\right) \sin \left(\omega_6 \left[1 + \frac{R}{r}\right] t \right) - (R + r) \omega_6 \sin(\omega_6 t) \\ \dot{y} = (R + r) \omega_6 \cos(\omega_6 t) - h \omega_6 \left(1 + \frac{R}{r}\right) \cos \left(\omega_6 \left[1 + \frac{R}{r}\right] t \right) \end{cases} \quad (3)$$

Тогда модуль скорости, он же касательный вектор к траектории точки A будет равен

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} = (R + r) \omega_6 \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 - \frac{2h}{r} \cos \left(\omega_6 \left[1 + \frac{R}{r}\right] t \right) + 1} \quad (4)$$

Рассмотрим, как ролик взаимодействует с шлифовальным кругом. Шлифовальный круг расположен под некоторым углом δ к плоскости барабана, ролик в процессе резания совершает сложное движение в плоскости круга, двигаясь по эллипсу, постепенно увеличивая сектор обработки (рисунок 2)

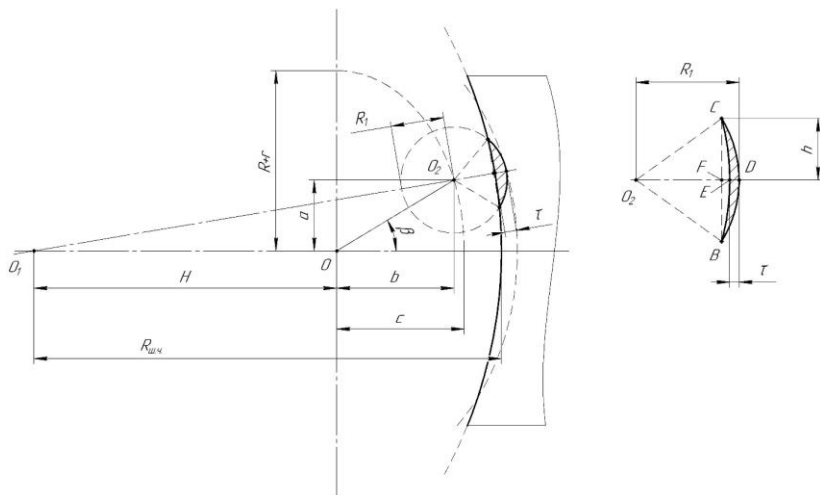


Рисунок 2. Схема движения ролика в плоскости шлифовального круга

Найдем величину съёма материала τ в зависимости от поворота барабана, принимаем, что величина вылета шлифовального круга H относительно барабана, и его угол поворота δ фиксированы.

Составим систему уравнений (рисунок 2)

$$\begin{cases} O_2 F + FE + \tau = R_1 \\ O_1 O_2 + O_2 F + FE = R_{\text{ш.ч.}} \end{cases} \quad (5)$$

Решая систему, находим искомую величину τ

$$\tau = R_1 - R_{\text{ш.ч.}} + O_1 O_2, \quad (6)$$

где R_1 – радиус необработанной сферы,
 R_1 – радиус шлифовальной чашечки круга.
 $O_1 O_2$ можно найти как

$$O_1 O_2^2 = (H + b)^2 + a^2, \quad (7)$$

где H – величина вылета шлифовального круга, b , a – координаты центра необработанной сферы на оси эллипса, которые равны

$$a = (R + r) \sin \beta \quad (8)$$

$$b = c \cos \beta, \quad (9)$$

где c – длина полуоси эллипса, равная

$$c = (R + r) \sin \delta, \quad (10)$$

где δ – угол поворота шлифовального круга вокруг оси барабана. С учетом этого находим $O_1 O_2$

$$O_1 O_2 = \sqrt{(H + (R + r) \sin \delta \cos \beta)^2 + (R + r)^2 \sin^2 \beta}, \quad (11)$$

где углы $\sin \beta$ и $\cos \beta$ можно найти как:

$$\begin{cases} \sin \beta = \frac{\sin \varphi}{\sqrt{\sin^2 \varphi + \sin^2 \delta \cos^2 \varphi}} = \frac{\sin(\omega_6 t)}{\sqrt{\sin^2(\omega_6 t) + \sin^2 \delta \cos^2(\omega_6 t)}} \\ \cos \beta = \frac{\cos \varphi \sin \delta}{\sqrt{\sin^2 \varphi + \sin^2 \delta \cos^2 \varphi}} = \frac{\sin(\omega_6 t) \sin \delta}{\sqrt{\sin^2(\omega_6 t) + \sin^2 \delta \cos^2(\omega_6 t)}} \end{cases} \quad (12)$$

С учетом этого получаем величину съёма τ

$$\tau = R_1 - R_{ш.ч.} + \sqrt{\left[H + \frac{(R+r) \sin(\omega_6 t) \sin^2 \delta}{\sqrt{\sin^2(\omega_6 t) + \sin^2 \delta \cos^2(\omega_6 t)}} \right]^2 + \frac{(R+r)^2 \sin^2(\omega_6 t)}{\sin^2(\omega_6 t) + \sin^2 \delta \cos^2(\omega_6 t)}} \quad (13)$$

Подставляя в полученную формулу исходные данные, получаем, что для съёма в 1,4 мм на радиусе необработанной сферы потребуется 1,82 с. (рисунок 3)

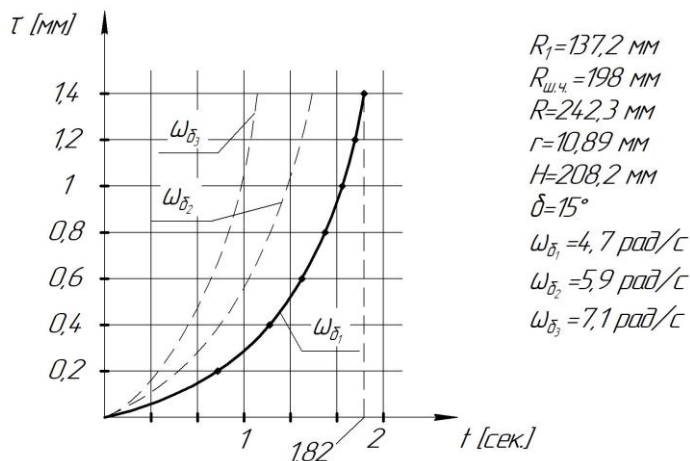


Рисунок 3. Зависимость величины съёма материала от времени

Исходя из графика видно, что чем выше угловая скорость барабана, тем быстрее происходит обработка ролика, так же сьем материала растет по сложному тригонометрическому закону, в первую секунду обработки ролик только «врезается» в шлифовальный круг, и по мере прохождения сектора обработки, радиус сферы на торце ролика увеличивается. Нелинейно возрастают силы резания и скорости точек обрабатываемой сферы.

С другой стороны, величина h – переменная, которая зависит от того, на какую величину сместился ролик в процессе резания (рисунок 4)

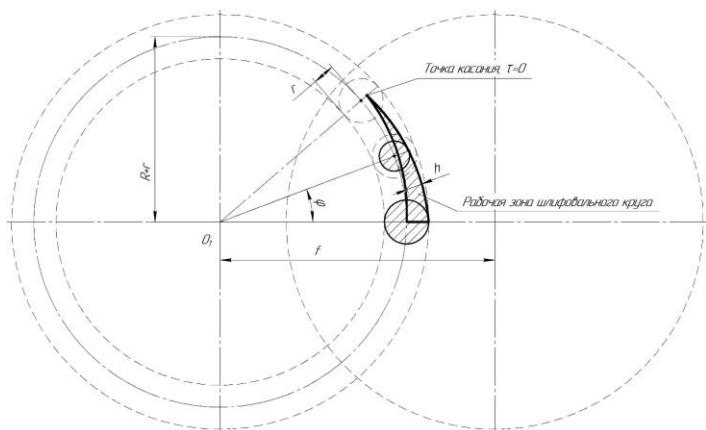


Рисунок 4. Рабочая зона шлифовального круга в процессе обработки сферы на торце конического ролика

Величину h можно найти, решив систему уравнений (рисунок 2)

$$\begin{cases} R_{\text{ш.ч.}}^2 = (O_1O_2 + O_2F)^2 + h^2 \\ R_1^2 = h^2 + O_2F^2 \end{cases} \quad (14)$$

$$h = \sqrt{R_1^2 - \left(\frac{R_{\text{ш.ч.}}^2 - R_1^2 - O_1O_2^2}{2O_1O_2} \right)^2} \quad (15)$$

где O_1O_2 – найдено выше.

С учетом этого, абсолютная скорость точки на торце ролика будет определяться как

$$v = (R + r)\omega_6 \sqrt{\left(\frac{h(t)}{r} \right)^2 - \frac{2h(t)}{r} \cos \left(\omega_6 \left[1 + \frac{R}{r} \right] t \right) + 1} \quad (16)$$

Подставляя исходные данные, получаем график зависимости скорости точки на торце конического ролика от времени (рисунок 5)

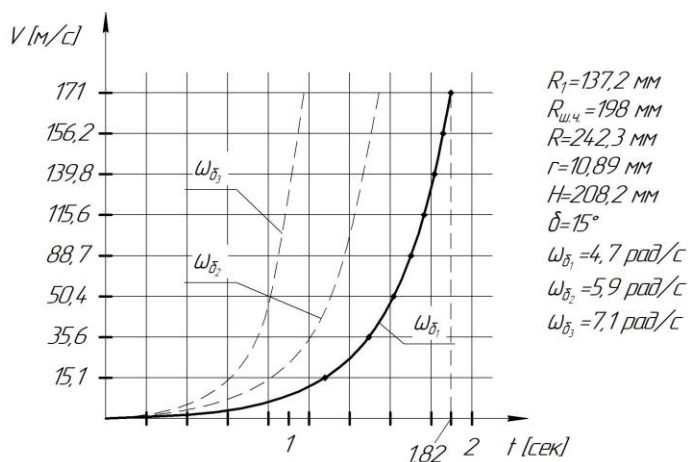


Рисунок 5. График зависимости скорости точки на торце конического ролика от времени

Из графика видно, что чем выше угловая скорость барабана, тем за меньшее время в процессе обработки угловая скорость ролика возрастет. При этом в самый последний момент, когда ролик выйдет из зоны обработки, скорость точки на краю его обработанной поверхности составит 171 м/с. Данная зависимость носит сложный тригонометрический закон и представлена в упрощенном виде.

Список литературы:

1. Кутель Р.В. Выбор базы конических роликов. – М: Подшипник, 1937. – №4.
2. Лурье Г.Б. Технология производства подшипников качения. М: Машгиз, 1949 – 448с.; ил.
3. Бережинский В.М., Русских С.П., Пирогов Е.А. Проектирование торцового упора в коническом роликовом подшипнике. – М.: Тр. ВНИПП, Конструкции, исследования и испытания подшипников. 1984. №2, с.70-78.

ПРИМЕНЕНИЕ CAE МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Пахомов Алексей Дмитриевич

аспирант,

Московский государственный технологический университет

“Станкин”,

РФ, г. Москва

APPLICATION OF CAE SIMULATION FOR ANALYSIS OF THE CUTTING PROCESS

Alexey Pakhomov

PhD Student,

Moscow State University of Technology "STANKIN",

Russia, Moscow

Аннотация. Данная статья посвящена проблеме применения технологий компьютерного инжиниринга (CAE) для моделирования и анализа процесса резания металлов. Основное внимание автор уделяет использованию программного комплекса Abaqus / CAE для предсказания сил резания, тепловых полей, зон повреждений и других критически важных параметров. В работе обоснована значимость CAE-подхода при проектировании режущего инструмента и выборе режимов его обработки, что позволяет существенно сократить затраты на физические испытания. Приводятся примеры из научной литературы и результаты собственной симуляции ортогонального точения. Описана методология задания условий моделирования, включая расчетную сетку, начальные и граничные условия, а также использование критерия Джонсона–Кука для характеристики пластичности материала и эволюции повреждений. Представлены графики температурных распределений, полей напряжений и повреждений. Обоснована применимость различных типов моделей (2D и 3D) в зависимости от целей исследования. Результаты проведенной научной работы демонстрируют практическую ценность при прогнозировании износа, повышении стойкости инструмента и оптимизации режимов резания.

Abstract. The article examines the application of Computer-Aided Engineering (CAE) technologies for simulating and analyzing the metal cutting process. The primary focus is on using the Abaqus/CAE software suite to predict cutting forces, thermal fields, damage zones, and other critical parameters. The significance of the CAE approach in designing cutting tools and

selecting machining parameters is substantiated, as it enables a significant reduction in the costs associated with physical testing. Examples from the literature and results from the author's own orthogonal turning simulation are presented. The methodology for defining simulation conditions is described, including the finite element mesh, initial and boundary conditions, as well as the use of the Johnson-Cook criterion to model material plasticity and damage evolution. Graphs illustrating temperature distributions, stress fields, and damage fields are presented. The applicability of different model types (2D and 3D) depending on research objectives is justified. The results demonstrate the practical value of this approach for predicting tool wear, increasing tool life, and optimizing cutting parameters.

Ключевые слова: CAE-моделирование; Abaqus; модель Джонсона – Кука.

Keywords: CAE simulation; Abaqus; Johnson–Cook model

Введение. Современное CAE-моделирование позволяет подробно анализировать процесс резки металлов, моделируя основные деформационные зоны и связанные с ними поля температур и напряжений. Можно определить следующие рабочие зоны рассматриваемого процесса:

- первичную зону – в материале у режущего лезвия;
- вторичную зону – на поверхности инструмента вследствие трения;
- третичную зону – позади режущей кромки.

Использование CAE в резании особенно оправдано при работе с труднообрабатываемыми материалами, для которых характерны низкая удельная теплопроводность и высокие силовые нагрузки, а проведение физических экспериментов является дорогостоящим и сложным.

Преимущества CAE-моделирования включают в себя:

- Прогнозирование дефектов, позволяющее выявить образование трещин и задиров в материале, оптимизировать режимы резки: скорости, подачи, охлаждения и подобрать оптимальные инструментальные материалы [4], [5].
- Анализ температурных полей и распределения сил – это возможность провести изучение без множества физических испытаний, позволяя снизить затраты на эксперименты на 40–60 % [7].
- Адаптация к новым материалам и сложным геометриям заготовок. Численные модели могут быстро настраиваться для исследования новых материалов и обработки деталей с нестандартной формой.

Например, исследования [1] показали, что включение модели накопления повреждений в расчёты увеличивает прогнозируемые силы резки и остаточные напряжения, приближая результаты симуляции к

экспериментальным. В литературе [2] также приводятся примеры верификации САЕ моделей для резания композитных материалов.

• **Цель исследования:** исследовать моделирование, заключающиеся в нем вводные данные и уравнения.

Для моделирования процесса резки задаются физические параметры и закономерности. В частности, вводится безразмерная температура:

$$\theta = \frac{T - T_{room}}{T_{melt} - T_{room}}, \quad (1)$$

где T_{room} – температура окружающей среды,

T_{melt} – температура плавления материала.

Нормализация подобного рода позволяет масштабировать текущую температуру по шкале от 0 (комната) до 1 (плавление).

Для описания пластической деформации вводится Модель Джонсона-Кука

$$\sigma_y = \left(A + B \cdot \epsilon_{pl}^n \right) \cdot \left(1 + C \cdot \ln \frac{\dot{\epsilon}_{pl}}{\dot{\epsilon}_0} \right) \cdot (1 - T^{*m}), \quad (2)$$

где σ_y – предел текучести (МПа);

A – начальный предел текучести (МПа);

B – коэффициент упрочнения (МПа);

n – экспонента упрочнения (безразмерная);

ϵ_{pl} – эквивалентная пластическая деформация;

C – коэффициент скорости деформации (безразмерный);

$\ln \frac{\dot{\epsilon}_{pl}}{\dot{\epsilon}_0}$ – скорость пластической деформации (с^{-1});

$\dot{\epsilon}_0$ – эталонная скорость деформации (обычно 1 с^{-1});

T^* – безразмерная температура;

m – температурная экспонента (безразмерная).

При достижении критического уровня D моделируется раздробление или износ материала (рисунок 1).

Например, в модели Джонсона–Кука повреждение суммируется по уравнению инициирования повреждения:

$$\epsilon_{pl}^D = [D_1 + D_2 \exp(D_3 \sigma^*)] \left[1 + D_4 \ln \left(\frac{\dot{\epsilon}_{pl}}{\dot{\epsilon}_0} \right) \right] [1 + D_5 T^*], \quad (3)$$

где D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 – экспериментальные константы материала.

$$\sigma^* = \sigma_m / \sigma_{ef}^* \quad (4)$$

коэффициент триаксальности, представляющий отношение гидростатического напряжения к эквивалентному напряжению Мизеса.

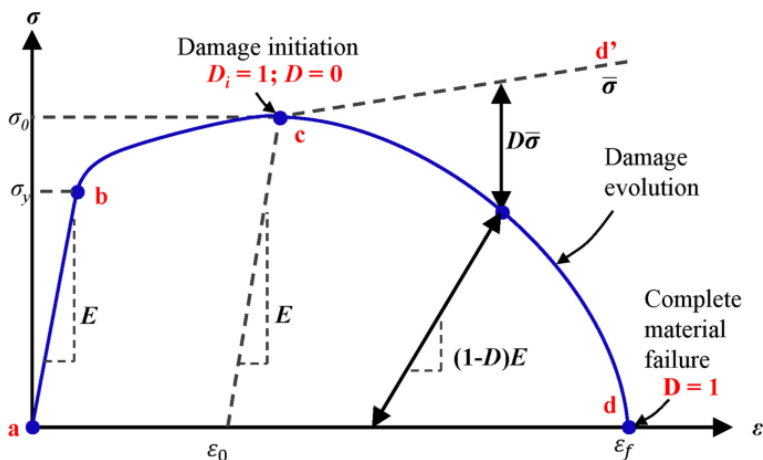


Рисунок 1. График деформации, по модели Джонсона–Кука [8]

При моделировании деталей из конструкционных сталей обычно используется Модуль Юнга. Типичное значение для углеродистых и легированных сталей $E=210$ ГПа. Коэффициент теплового расширения может приниматься равным $\alpha_{eff}=0.9$, что означает – примерно 90 % пластической работы превращается в тепло (остальное рассеивается) [3].

Стандартное значение C_p для стали составляет порядка $400 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.

С помощью параметров ρ , C_p и теплопроводности k решается уравнение теплопроводности

$$: \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + q', \quad (5)$$

где $\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t}$ – изменение тепловой энергии в единице объема;

$\nabla \cdot (k \nabla T)$ – перенос тепла теплопроводностью,

q' – мощность внутренних источников (джоулев нагрев).

Все материалы моделируются с учётом термо-механических свойств и пластичности.

Для динамических задач часто используют явные схемы (Abaqus / Explicit и др.). На основании вышеуказанных данных задаются начальные условия и ограничения, включая геометрию, зажим, скорость резания, конвективные теплоотводы и т.д.

Типовая схема этапов САЕ-моделирования процесса резания показана на рисунке 2:



Рисунок 2. Схема САЕ моделирования

На первом этапе исследования выбирается размерность модели (2D или 3D), задаётся геометрия инструмента и заготовки, вводятся материальные параметры и граничные условия. После этого выполняется расчёт и последующий анализ результатов: силы резания, температурных полей, деформаций и напряжения. Такая последовательность реализуется в большинстве систем САЕ.

Сравнение методов моделирования

Ортогональное точение (2D):

Наиболее распространённый подход – двумерная постановка в плоскости, при которой игнорируется продольная геометрия инструмента. Моделируются основные зоны: зона деформации материала и зона трения «инструмент–стружка». Трение обычно описывается законом Кулона или его усовершенствованными версиями. Например, иногда применяют постоянный коэффициент скольжения, хотя более точные модели учитывают зависимость от температуры [6]. Преимущества 2D-модели: высокая скорость расчетов и приемлемая точность в оценке температурных полей и распределения напряжений в зоне резания.

Точение с вращением заготовки (3D):

Реалистичная трёхмерная модель с учётом вращательного движения заготовки и центробежных сил реализуется в Abaqus / Explicit. Модели учитывают форму спиральной стружки, кривизну фланца и вариации тепловых потоков вдоль окружности. 3D моделирование

необходимо при точном прогнозе сил резки и при анализе динамики станка.

Фрезерование с отделением стружки

Фрезерование отличается прерывистым контактом зубьев инструмента с заготовкой. Модели учитывают поочерёдное вхождение и выход лезвий из резания, что вызывает дополнительные импульсы в силах и увеличивает вибрации. Важным становится моделирование обратных нагрузок на инструмент и усталостных эффектов.

Критерии выбора модели

Выбор между 2D и 3D зависит от требуемой точности и вычислительных ресурсов. Для предварительной оценки, например, температурных полей и напряженности достаточно 2D модели (которая представлена на рисунке 3). Для точного воспроизведения эксперимента или при сложной геометрии предпочтительна 3D модель. Фрезерование всегда моделируется в 3D из-за прерывистого резания и влияния оборотов инструмента.

Результаты моделирования ортогонального точения

Силы резания (рис.3):

В симуляции определяются три основные компоненты векторов сил по осям инструмента:

F_x (главная режущая сила),

F_y (боковое сопротивление резанию),

F_z (вертикальная составляющая, связанная с силой прижатия).

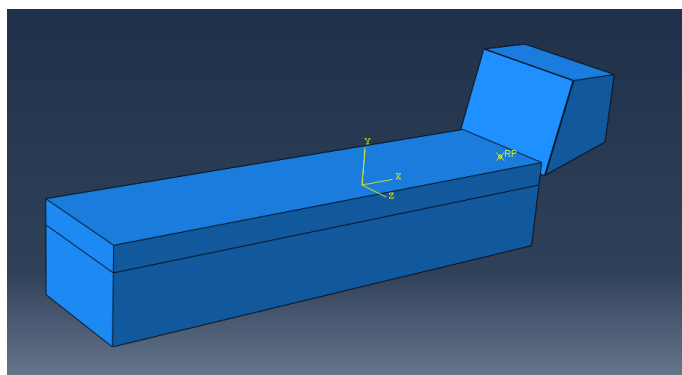


Рисунок 3. Начальные геометрические условия при ортогональном точении

Численные значения сил резки вычисляются по реакциям зажимов на инструментах и анализируются в зависимости от ее режимов.

Температурные поля

Тепловые поля: моделируется уравнение теплопроводности. Это позволяет получить распределение температуры в заготовке и в инструменте. На рисунке 4 представлено температурное поле, рассчитанное для задачи ортогонального течения.

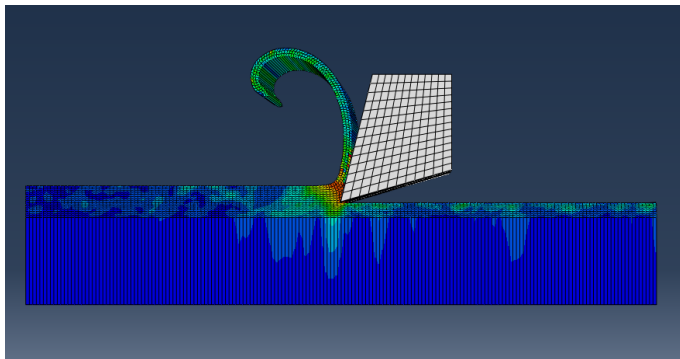


Рисунок 4. Температурное поле при ортогональном тчении

Модель теплопроводности позволяет выявить зоны перегрева. На рисунке видно, что максимальные температуры наблюдаются в первичной зоне в области разделения стружки и на режущей кромке инструмента, что важно для анализа термического износа.

Практическое применение результатов

Результаты CAE-моделирования позволяют принимать правильные инженерные решения:

Оптимизация охлаждения: по картам температурных полей можно выявлять критические зоны перегрева и направлять потоки СОЖ на наиболее горячие области.

Прогноз износа: по параметру повреждения DDD прогнозируют приближение к разрушению (например, $D \approx 1D \approx 1$). Учёт модели повреждения показал увеличение прогнозируемых нагрузок; ученые [8] сообщили, что включение «damage» в модель подняло силовые прогнозы и остаточные напряжения на 10–14 %. Таким образом, при $D \rightarrow 1D \rightarrow 1$ можно ожидать интенсивный износ или разрушение.

Снижение вибраций: по расчёту сил резки и динамических характеристик узла вращения можно определить собственные резонансные частоты станка и режимы с минимальной вибрационной нагрузкой.

Выводы

CAE-моделирование резания показывает высокую эффективность, которая выражается в следующем:

- позволяет прогнозировать ключевые физические поля: температуру, напряжения, силы резания;
- сокращает число дорогостоящих экспериментов. Экономия по трудозатратам может достигать 40–60 %.

Особую роль играет модель Джонсона–Кука, а также учет накопления повреждений – их включение в расчёт кардинально влияет на результаты оценки износа и качества реза. Приближённые 2D-модели ортогонального точения подходят для быстрого анализа температуры и основных трендов сил. Однако для более точного анализа, особенно при учёте вращения заготовки или сложного взаимодействия инструмента с материалом, требуются 3D-модели (например, в Abaqus / Explicit). Ключевые результаты, получаемые в CAE, – это распределение температур и векторы сил резания. Их точный расчёт обеспечивает понимание физических основ процесса и позволяет оптимизировать режимы для повышения производительности и ресурса инструмента.

Список литературы:

1. Доненбаев Б.С., Магавин С.Ш., Шеров К.Т. Экспериментальное исследование и численное моделирование стадии развития разрушений низкоуглеродистой стали // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева. Серия: Технические науки и технологии. – 2023. – № 3 (144). – С. 134–142. – DOI 10.32523/2616-7263-2023-144-3-134-142.
2. Дударев А.С., Гумаров Э.Х., Подвинцев А.В. Расчет температурного поля при сверлении полимерных композиционных материалов // Химия. Экология. Урбанистика. – 2021. – Т. 1. – С. 349–353.
3. Корчунов А.Г., Константинов Д.В., Медведева Е.М. Исследование напряженно-деформированного состояния холоднотянутой шестигранной калиброванной стали // Заготовительные производства в машиностроении. – 2021. – Т. 19. – № 10. – С. 464–468. – DOI 10.36652/1684-1107-2021-19-10-464-468.
4. Кхалифа М.М., Дуюн Т.А. Сравнительный анализ методик моделирования процесса резания с использованием программных средств // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. – 2020. – № 8. – С. 101–109. – DOI 10.34031/2071-7318-2020-5-8-101-109.

5. Пономарев Б.Б., Ван Д. Моделирование напряженного состояния концевой радиусной фрезы при формообразовании сложной поверхности // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2023. – № 7 (760). – С. 64–76. – DOI 10.18698/0536-1044-2023-7-64-76.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: mdpi.com. (дата обращения: 25.05.2025).
7. 基于 Abaqus 的滚珠丝杠运动副有限元分析 // Grand Altai Research & Education. – 2024. – No 2 (22). – P. 218–224.
8. Hussein Zein, Osama M. Surface Roughness Investigation and Stress Modeling by Finite Element on Orthogonal Cutting of Copper Metals. –2018. – № 8 (6). – P. 418; <https://doi.org/10.3390/met8060418>

1.2. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В КИСЛОРОДНО- КОНВЕРТЕРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Мұратов Имангали Асланұлы

*студент,
Баишев Университет,
РК, г. Актобе*

Мұратов Құрмағали Асланұлы

*студент,
Баишев Университет,
РК, г. Актобе*

Шайхысламов Аманжол Нұрымұлы

*студент,
Баишев Университет,
РК, г. Актобе*

Сартабанова Асем Абдимуратовна

*научный руководитель,
ассистент профессора,
Баишев Университет,
РК, г.Актобе*

AUTOMATED ENERGY ACCOUNTING SYSTEM IN OXYGEN CONVERTER PRODUCTION

Imangali Muratov

*Student,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Kurmagali Muratov

Student,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Amanzhol Shaikhyislamov

Student,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Asem Sartabanova

Master,
Assistant Professor,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Аннотация. В данной статье рассматривается актуальность внедрения автоматизированных систем учета энергоносителей (АСУЭ) в кислородно-конвертерных производствах, на примере металлургических предприятий. Описание технологии учета расхода энергоносителей в таких системах, а также их влияние на повышение эффективности производства и снижение затрат на энергию.

Abstract. This article examines the relevance of the introduction of automated energy metering systems (ASCS) in oxygen converter industries, using the example of metallurgical enterprises. A description of the technology for accounting for energy consumption in such systems, as well as their impact on improving production efficiency and reducing energy costs.

Ключевые слова: автоматизация, энергия, конвертер, кислородно-конвертерное производство, учет энергоносителей, энергосбережение, производственная эффективность.

Keywords: automation, energy, converter, oxygen converter production, energy accounting, energy saving, production efficiency.

Кислородно-конвертерное производство является ключевым элементом в металлургической отрасли, обеспечивая выпуск стали и других металлов. Однако высокие затраты на энергоносители, такие как кислород, углеродсодержащие материалы, уголь и природный газ, представляют собой важную проблему для большинства предприятий. Низкая эффективность их использования приводит к увеличению производственных расходов и негативно влияет на экологическую обстановку.

В связи с этим, одной из перспективных технологий является внедрение автоматизированных систем учета энергоносителей (АСУЭ), позволяющих оптимизировать расход энергии, улучшить контроль за использованием ресурсов и повысить экономическую эффективность процессов.

Автоматизация учета энергоносителей позволяет решать следующие задачи:

- Мониторинг потребления: отслеживание реального времени расхода различных энергоносителей (кислорода, углекислого газа, угля и т.д.) в каждом технологическом процессе;
- Оптимизация расхода: автоматическое регулирование подач энергоносителей в зависимости от текущих параметров производственного процесса, что позволяет минимизировать излишки и потери;
- Прогнозирование потребностей: использование аналитических данных для прогноза потребностей в энергоносителях, что помогает избежать излишних запасов и недостат;
- Энергетический баланс: расчет и анализ энергетического баланса на различных этапах производства, что позволяет повышать общую энергоэффективность предприятия.

Основные компоненты АСУЭ в кислородно-конвертерном производстве:

1. Датчики и измерительные приборы – для точного измерения расхода энергоносителей (расход кислорода, газа, угля и других материалов).
2. Контроллеры и системы управления – для обработки данных и принятия решений по оптимизации подачи энергоносителей в зависимости от текущих условий производства.
3. Программное обеспечение – для хранения и анализа данных, составления отчетности, а также для интеграции с другими системами предприятия (например, системой управления производством).
4. Интерфейс оператора – позволяет контролировать и вмешиваться в работу системы в случае необходимости. [1].

Все компоненты системы интегрируются с системой управления производством для обеспечения бесперебойного мониторинга и автоматического реагирования на изменения в технологическом процессе.

Внедрение автоматизированных систем учета энергоносителей в кислородно-конвертерном производстве имеет ряд существенных преимуществ:

- Снижение энергетических затрат: за счет более точного расчета потребностей в энергии и более эффективного использования ресурсов.

- Уменьшение потерь: автоматический учет и контроль предотвращают излишки и потери энергоносителей.

- Экологическая безопасность: уменьшение выбросов углекислого газа и других вредных веществ за счет более рационального использования энергоносителей.

- Повышение производственной эффективности: оптимизация расхода энергии и сокращение времени на производственные процессы ведет к улучшению общей производительности.

Несмотря на явные преимущества, внедрение АСУЭ в кислородно-конвертерном производстве сталкивается с рядом проблем:

- Высокие первоначальные затраты на установку системы и обучение персонала.

- Интеграция с существующими производственными системами, которая может потребовать значительных изменений в инфраструктуре предприятия.

- Необходимость в квалифицированных специалистах, которые смогут работать с системой и анализировать полученные данные.

- Обеспечение надежности и устойчивости системы, так как сбои в работе могут привести к серьезным потерям в производстве и расходах [2].

На одном из крупных металлургических предприятий, занимающихся производством, стали методом кислородного конвертера, была внедрена АСУЭ, интегрированная с системой управления производством. В результате была достигнута значительная экономия на расходах кислорода, а также сокращено время на настройку параметров подачи энергии в процессе плавки.

Система показала свою эффективность в улучшении качества продукции и стабилизации технологических процессов, что, в свою очередь, позволило снизить производственные расходы на 12 % за первый год эксплуатации.

Автоматизированные системы учета энергоносителей в кислородно-конвертерном производстве играют ключевую роль в обеспечении энергоэффективности и устойчивости производства. Они позволяют минимизировать затраты на ресурсы, улучшить качество продукции и снизить экологическое воздействие [3]. Внедрение таких систем, несмотря на высокие первоначальные затраты, является важным шагом на пути к цифровой трансформации и повышению конкурентоспособности металлургических предприятий.

Список литературы:

1. Иванов А.А. "Технологии автоматизации металлургического производства". – М.: Издательство МГТУ, 2022.
2. Петров С.С., Смирнова В.А. "Оптимизация энергозатрат на предприятиях с использованием АСУЭ". – СПб.: Невский Университет, 2023.
3. Власов Д.Р. "Индустрия 4.0 и роль автоматизации в металлургической отрасли". – Новосибирск: Издательство СибГУ, 2024.

1.3. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ: МИНИМИЗАЦИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА И ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Амантай Әділбек Қуанышбекұлы

студент,
Баишев Университет,
РК, г. Актобе

Доздырбайұлы Нұралла

студент,
Баишев Университет,
РК, г. Актобе

Нұржігіт Ардақ Хасенұлы

студент,
Баишев Университет,
РК, г. Актобе

Беркешева Асель Салимжановна

научный руководитель,
канд. техн. наук, ассоциированный профессор,
Баишев Университет,
РК, г. Актобе

AUTOMATED DRILLING RIGS: MINIMIZING THE HUMAN FACTOR AND INCREASING PRODUCTIVITY

Adilbek Amantai

Student,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Nuralla Dagdyrbayuly

Student,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Ardak Nurzhigit

Student, Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Assel Berkesheva

Scientific supervisor,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Аннотация. В статье рассматриваются современные автоматизированные буровые установки, направленные на снижение влияния человеческого фактора и повышение эффективности буровых операций. Анализируются технологии автоматизации, их влияние на безопасность и производительность, а также перспективы развития в нефтегазовой отрасли.

Abstract. The article discusses modern automated drilling rigs aimed at reducing the influence of the human factor and increasing the efficiency of drilling operations. Automation technologies, their impact on safety and productivity, as well as development prospects in the oil and gas industry are analyzed.

Ключевые слова. Автоматизация бурения, буровые установки, нефтегазовая промышленность, интеллектуальные системы.

Keywords: Drilling automation, drilling rigs, oil and gas industry, intelligent systems.

Развитие технологий автоматизации бурения является ответом на вызовы, связанные с безопасностью, производительностью и стабильностью в нефтегазовой отрасли. Человеческий фактор остаётся одной из основных причин аварий и простоев. Внедрение автоматизированных буровых установок позволяет минимизировать эти риски, обеспечивая более точное управление процессами и снижение затрат.

Автоматизация бурения включает в себя использование:

- сенсоров и датчиков для мониторинга параметров (давления, крутящего момента, вибраций);

- систем управления с замкнутым контуром (closed-loop control);
- интеллектуальных алгоритмов (на основе ИИ/машинного обучения) для принятия решений;
- удалённого управления и телеметрии.

Основные цели:

- Повышение точности операций;
- Минимизация ошибок оператора;
- Снижение времени простоя;
- Повышение устойчивости скважин.

В таблице 1 представлена классификация автоматизированных буровых установок по типам установки, уровню автоматизации и применяемым технологиям.

Таблица 1.

Классификация автоматизированных буровых установок

Тип установки	Уровень автоматизации	Применяемые технологии	Основные преимущества
Полуавтоматизированные	Средний	Дистанционное управление, базовая логика	Снижение нагрузки на персонал
Автоматизированные (ACD)	Высокий	PLC, SCADA, автоматическое бурение	Устойчивость, повторяемость операций
Роботизированные (Smart Drilling Rigs)	Максимальный	ИИ, цифровые двойники, адаптивный контроль	Полная автономность, удалённое управление

Влияние автоматизации на производительность. Исследования показывают, что автоматизация на производстве бурения приводит к:

1. Снижению времени на бурение скважины до 25 %;
2. Снижению аварийных ситуаций на 40–60 %;
3. Увеличению общего КПД буровых установок до 20 %. [1].

Таблица 2.

**Сравнение времени бурения (часов) скважин с участием человека
и при автоматизации**

Скважина	Ручное бурение	Автоматизированное бурение
№1	80	62
№2	77	60
№3	83	65

Из таблицы 2 сравнение времени бурения (часов) скважин с участием человека и при автоматизации мы наблюдаем, что автоматизированное бурение значительно сокращает время на производстве, что делает ее предпочтительными, особенно в промышленных масштабах.

Примеры современных решений:

- **NOV Rig Technologies** разработала систему **NOVOS™** – платформу автоматизации бурения, позволяющую выполнять команды в строгой последовательности без участия оператора.м

- **Equinor** на норвежском шельфе использует полностью автоматизированные установки, управляемые удалённо, что сократило количество персонала на платформе на 40 %. [2].

- **DrillOps** – это интеллектуальная платформа автоматизации бурения, использующая алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, которая использует компания Schlumberger. Она анализирует данные в реальном времени, предлагает оптимальные параметры бурения и автоматически выполняет команды. Преимущества: поддержка принятия решений в реальном времени, минимизация вмешательства оператора, повышение стабильности траектории скважины [3].

- **Huisman – LOC 400 Drilling System** – это компактная автоматизированная буровая система, оснащённая роботизированными манипуляторами для обработки бурильных труб без участия человека. Преимущества: исключение ручного труда на буровой, повышенная безопасность на платформе, высокая степень автономности.

Заключение

Автоматизированные буровые установки становятся ключевым фактором в трансформации нефтегазовой отрасли. Они позволяют значительно повысить эффективность бурения, минимизировать влияние человеческого фактора и обеспечить устойчивое развитие отрасли в условиях растущих требований к безопасности и экономичности. Кроме

этого преимущества автоматизированных буровых установок заключается в следующем:

- повышение безопасности – снижение участия человека в опасных операциях, что уменьшает риск травм и аварий;
- увеличение производительности – автоматизация ускоряет бурение и сокращает простои оборудования;
- повышение точности и повторяемости – автоматические системы обеспечивают стабильное качество бурения.

Список литературы:

1. Гао Х., Сун В., Лю Ю. Применение искусственного интеллекта для оптимизации бурения // Материалы Общества инженеров-нефтяников (SPE). – 2020. – SPE-199802-MS. – DOI: 10.2118/199802-MS.
2. Спирс Дж., Робинсон Л., Пател Р. Системы автоматизированного бурения в условиях глубоководных операций // Журнал нефтяных технологий (Journal of Petroleum Technology). – 2022. – Т. 74, № 5. – С. 54–61.
3. Schlumberger. Платформа автоматизации бурения DrillOps: технический обзор. – 2023. – Режим доступа: <https://www.slb.com> (дата обращения: 25.05.2025).

1.4. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АНТЕННЫ

Магомедкеримов Руслан Гераклиевич

курсант,

Военная академия

воздушно-космической обороны им. Г.К. Жукова,

РФ, г. Тверь

DIELECTRIC ROD ANTENNA DESIGN

Ruslan Magomedkerimov

Cadet,

Military Academy

G.K. Zhukov Aerospace Defense,

Russia, Tver

Аннотация. В данной проблемно-теоретической статье представлено исследование оптимизации параметров диэлектрических стержневых антенн для достижения максимальной эффективности излучения и управления формой диаграммы направленности. В отличие от традиционных подходов, рассматривающих диэлектрический стержень как волновод, предлагается модовый анализ, основанный на раздельном учете возбуждения, распространения и излучения поверхностных и объемных мод. Показано, что оптимизация параметров антенны, направленная на максимизацию энергии поверхностных мод и минимизацию объемных, не только повышает эффективность, но и позволяет формировать желаемую диаграмму направленности. Актуальность исследования обусловлена растущим спросом на высокоэффективные и конфигурируемые антенны для современных беспроводных систем связи, включая перспективные приложения в миллиметровом диапазоне. Методология включает в себя теоретический анализ на основе аппроксимации поля цилиндрическими функциями и численное моделирование. Результаты демонстрируют, что согласованная оптимизация длины, диаметра стержня и диэлектрической проницаемости на основе предложенного модового анализа приводит к увеличению коэффициента усиления, снижению уровня боковых лепестков и обеспечению хорошего согласования с входным

импедансом. Подтверждено, что управление модовым составом является эффективным инструментом для проектирования диэлектрических стержневых антенн с заданными характеристиками излучения.

Abstract. This problem-theoretical article presents a study of optimizing the parameters of dielectric rod antennas to achieve maximum radiation efficiency and control the shape of the radiation pattern. In contrast to traditional approaches that consider a dielectric rod as a waveguide, a mode analysis is proposed based on separate consideration of the excitation, propagation, and radiation of surface and bulk modes. It is shown that optimization of antenna parameters aimed at maximizing the energy of surface modes and minimizing volumetric ones not only increases efficiency, but also allows the formation of the desired radiation pattern. The relevance of the research is due to the growing demand for highly efficient and configurable antennas for modern wireless communication systems, including promising applications in the millimeter range. The methodology includes theoretical analysis based on the approximation of the field by cylindrical functions and numerical modeling. The results demonstrate that consistent optimization of the rod length, diameter, and dielectric constant based on the proposed mode analysis leads to an increase in gain, a decrease in the side lobe level, and a good match with the input impedance. It is confirmed that mode composition control is an effective tool for designing dielectric rod antennas with specified radiation characteristics.

Ключевые слова: диэлектрическая стержневая антенна, эффективность излучения, диаграмма направленности, коэффициент усиления, модовый анализ, поверхностные моды, объемные моды, управление диаграммой направленности.

Keywords: dielectric rod antenna, radiation efficiency, radiation pattern, gain, mode analysis, surface modes, volumetric modes, radiation pattern control.

Диэлектрические стержневые антенны привлекают внимание разработчиков благодаря их компактности, простоте, отсутствию металлических элементов и потенциалу для работы в широком диапазоне частот, что делает их перспективными для использования в беспроводных системах связи, радиолокации и сенсорных сетях. Однако, проектирование диэлектрических стержневых антенн с высокими характеристиками, такими как: высокая эффективность излучения, желаемая форма диаграммы направленности и хорошее согласование с передающим трактом, остается достаточно сложной задачей для разработчиков.

Существующие подходы к проектированию диэлектрических стержневых антенн часто основаны на эмпирических формулах, упрощенных аналитических моделях или прямом численном моделировании. Эмпирические формулы и аналитические модели не учитывают комплексное взаимодействие параметров антенны и не позволяют точно прогнозировать характеристики излучения. Прямое численное моделирование требует значительных вычислительных ресурсов и не всегда позволяет выявить оптимальные параметры и понять физические механизмы формирования диаграммы направленности. В связи с этим, в данной работе решается задача разработки эффективного подхода к проектированию диэлектрических стержневых антенн, основанного на анализе мод, возбуждаемых в диэлектрическом стержне, с целью оптимизации параметров антенны для достижения максимальной эффективности излучения, управления формой диаграммы направленности и обеспечения хорошего согласования с питающей линией.

Целью данной статьи является разработка, верификация и применение подхода к проектированию диэлектрических стержневых антенн, основанного на анализе мод, возбуждаемых в диэлектрическом стержне. Предлагается новая интерпретация влияния параметров антенны на формирование диаграммы направленности и коэффициента усиления, основанная на раздельном учете поверхностных и объемных мод. Показано, что управление модовым составом позволяет не только повысить эффективность излучения, но и формировать желаемую диаграмму направленности. Разработанный подход верифицируется с помощью численного моделирования.

Принцип работы диэлектрических стержневых антенн основан на возбуждении электромагнитных волн в диэлектрическом стержне, которые распространяются вдоль него и излучаются в свободное пространство. Форма диаграммы направленности, коэффициент усиления и входной импеданс зависят от распределения поля вдоль стержня, которое определяется длиной, диаметром и диэлектрической проницаемостью материала.

Традиционные подходы к анализу диэлектрических стержневых антенн часто рассматривают стержень как волновод, в котором распространяется основная мода HE_{11} . Однако, такой подход не учитывает возможность возбуждения высших мод, которые могут существенно влиять на характеристики излучения, особенно при увеличении диаметра стержня и диэлектрической проницаемости. Численные методы позволяют более точно моделировать поведение диэлектрических стержневых антенн, однако требуют значительных вычислительных

ресурсов и не всегда позволяют выделить вклад отдельных мод в формирование диаграммы направленности.

В отличие от существующих подходов, в данной работе предлагается способ, основанный на раздельном анализе поверхностных и объемных мод, с целью управления их возбуждением и распространением для оптимизации характеристик излучения. Поверхностные моды, характеризующиеся концентрацией электромагнитной энергии вблизи поверхности стержня, определяют основную долю излучаемой энергии ведущего направления и формируют главный лепесток диаграммы направленности. Объемные моды, характеризующиеся распределением энергии внутри стержня, могут приводить к появлению боковых лепестков, увеличению уровня заднего излучения, снижению эффективности и ухудшению согласования с питающей линией.

Предлагаемая интерпретация заключается в том, что диаграмма направленности диэлектрической стержневой антенны формируется в результате интерференции поверхностных и объемных мод, возбуждаемых в диэлектрическом стержне. Управление модовым составом, путем оптимизации параметров антенны, позволяет формировать желаемую диаграмму направленности и достигать максимальной эффективности излучения.

Для анализа мод, возбуждаемых в диэлектрической стержневой антенне, используется аппроксимация цилиндрическими функциями Бесселя первого и второго рода. Распределение электрического поля в стержне можно представить в виде суперпозиции мод, где каждый член описывает вклад определенной моды в общее поле.

Параметры антенны, а именно длина, диаметр и диэлектрическая проницаемость материала, оказывают влияние на возбуждение и распространение мод. Длина влияет на фазовые соотношения между модами в дальней зоне, что определяет форму диаграммы направленности. Оптимальная длина обеспечивает баланс между усилением и формой диаграммы направленности. Диаметр определяет спектр возбуждаемых мод. Оптимальный диаметр обеспечивает баланс между возбуждением достаточного количества поверхностных мод и подавлением объемных мод. Диэлектрическая проницаемость влияет на величину поперечного волнового числа и скорость распространения мод. Оптимальное значение диэлектрической проницаемости обеспечивает эффективную концентрацию энергии в поверхностных модах и снижает потери на отражение на границе диэлектрик-воздух.

Таким образом, управление модовым составом и формирование желаемой диаграммы направленности достигается путем оптимизации параметров антенны, направленной на возбуждение преимущественно

поверхностных мод и подавление объемных мод. В данной работе предлагается использовать численный анализ для определения оптимальных значений этих параметров.

Для анализа и оптимизации параметров диэлектрической стержневой антенны была разработана следующая методика:

1. Теоретический анализ: определение распределения поля в диэлектрическом стержне на основе аппроксимации цилиндрическими функциями и анализа возбуждаемых мод. Идентификация ключевых параметров, влияющих на возбуждение и распространение поверхностных и объемных мод.

2. Численное моделирование: моделирование диэлектрической стержневой антенны с различными значениями параметров. Антенна возбуждалась коаксиальным кабелем. Для обеспечения сходимости результатов использовалась адаптивная сетка. Расчет проводился на определенной частоте.

3. Оптимизация параметров: использование алгоритмов оптимизации для поиска оптимальных значений параметров, обеспечивающих максимальный коэффициент усиления, минимальный уровень боковых лепестков и минимальный коэффициент стоячей волны. Целевая функция оптимизации была определена как взвешенная сумма этих характеристик.

4. Анализ мод: визуализация распределения электромагнитного поля в диэлектрической стержневой антенне для идентификации возбуждаемых мод и оценки их вклада в формирование диаграммы направленности.

Исследование проводилось в заданном диапазоне параметров, включая длину, диаметр и диэлектрическую проницаемость материала.

Результаты численного моделирования подтвердили эффективность предложенного подхода к оптимизации параметров диэлектрической стержневой антенны на основе модового анализа. Было установлено, что оптимальное соотношение между длиной, диаметром стержня и диэлектрической проницаемостью обеспечивает максимальный коэффициент усиления, минимальный уровень боковых лепестков и хорошее согласование с питающей линией.

Анализ характеристик антенны при различных значениях параметров продемонстрировал, что небольшие отклонения от оптимальных значений приводят к ухудшению характеристик. Это подтверждает чувствительность характеристик диэлектрической стержневой антенны к параметрам и необходимость точной оптимизации.

Предложенный модовый анализ позволяет объяснить полученные результаты. Оптимизация параметров направлена на максимизацию

амплитуды поверхностной моды HE₁₁ и минимизацию амплитуд других мод, особенно объемных. Это приводит к увеличению эффективности излучения в главном направлении и снижению уровня боковых лепестков.

В данной статье предложен эффективный подход к проектированию диэлектрических стержневых антенн, основанный на модовом анализе и управлении модовым составом. Предложена новая интерпретация влияния параметров антенны на формирование диаграммы направленности и коэффициент усиления, основанный на раздельном учете поверхностных и объемных мод. Результаты численного моделирования подтвердили эффективность предложенного подхода и позволили выявить оптимальные значения параметров, обеспечивающие максимальную эффективность излучения, хорошее согласование с питающей линией и управление формой диаграммы направленности. Предложенный подход может быть использован для проектирования компактных и высокоэффективных антенн для современных беспроводных систем связи.

В дальнейшем планируется исследовать влияние формы диэлектрического стержня и использование метаматериалов для дальнейшего повышения эффективности излучения и расширения полосы пропускания диэлектрической стержневой антенны. Также планируется разработка аналитической модели, связывающей параметры антенны с коэффициентами возбуждения мод, для более эффективной оптимизации параметров диэлектрической стержневой антенны.

Список литературы:

1. Алаэй А., и др. Проектирование и оптимизация диэлектрических резонаторных антенн для приложений 5G // IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – С. 145672–145682.
2. Баланис К.А. Теория антенн: анализ и проектирование. – Хобокен, Нью-Джерси: John Wiley & Sons, 2015.
3. Деб А., и др. Всесторонний обзор диэлектрических резонаторных антенн // International Journal of Microwave and Wireless Technologies. – 2017. – Т. 9. – № 2. – С. 271–287.
4. Джексон Дж. Д. Классическая электродинамика. – Нью-Йорк: John Wiley & Sons, 1999.
5. Коллин Р.Е. Антенны и распространение радиоволн. – Нью-Йорк: McGraw-Hill, 1991.
6. Кумар Г., Рэй К.П. Широкополосные микрополосковые антенны. – Норвуд, МА: Artech House, 2003.

7. Ли Й., и др. Компактная диэлектрическая резонаторная антенна для приложений миллиметрового диапазона // *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*. – 2021. – Т. 20. – № 5. – С. 844–848.
8. Садику М.Н. О. Численные методы в электромагнетизме с MATLAB. – Бока-Ратон, Флорида: CRC press, 2018.
9. Сингх Р.К., и др. Диэлектрическая резонаторная антенна для носимых приложений: обзор // *Microwave and Optical Technology Letters*. – 2022. – Т. 64. – № 3. – С. 523–534.

1.5. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ЦИФРОВАЯ ТЕМПОРАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА «КРАСНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК»: МЕТОДИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Туляков Сергей Германович

магистрант,

*Санкт-Петербургская академия художеств,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Гришин Сергей Фёдорович

научный руководитель,

канд. архитектуры, доцент,

*Санкт-Петербургская академия художеств,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Аннотация. В работе представлена оригинальная методика цифровой темпоральной реконструкции исторического промышленного комплекса «Красный треугольник». Разработанный подход позволяет визуализировать пространственно-временную эволюцию архитектурного ансамбля, что создает основу для формирования концепции приспособления исторического комплекса.

Abstract. The article presents an original method of digital temporal reconstruction of the historical industrial complex "Red Triangle". The developed approach allows for a clear visualization of the spatio-temporal evolution of the architectural ensemble, which creates the basis for the formation of a concept for the adaptation of the historical complex.

Ключевые слова: цифровая темпоральная реконструкция; промышленное наследие; параметрическое моделирование; историческая архитектура; реставрация; HBIM

Keywords: digital temporal reconstruction; industrial heritage; parametric modeling; historical architecture; restoration; HBIM

Введение

Комплекс зданий Товарищества Российско-Американской резиновой мануфактуры «Треугольник» в Санкт-Петербурге является ценным образцом промышленной архитектуры, включающим более 200 построек различных периодов с 1860-х по 1917 год [1, с.4]. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью разработки эффективных цифровых инструментов для комплексного анализа исторической промышленной архитектуры.

Степень изученности цифровых методов в области архитектурного наследия демонстрирует определенный прогресс, однако темпоральный аспект часто остается за рамками исследований [2, с.15]. Зарубежные авторы активно развивают направление HBIM (Heritage Building Information Modeling), но преимущественно фокусируются на фиксации существующего состояния объектов без анализа их исторической эволюции [3, с.91].

Цель исследования состоит в разработке и апробации методики цифровой темпоральной реконструкции комплекса «Красный треугольник» для выявления закономерностей его пространственно-временной эволюции.

Этапы

Методологические основы цифровой темпоральной реконструкции

Разработанная методика цифровой темпоральной реконструкции основана на интеграции трех программных платформ: Airtable (база данных), Grasshopper (алгоритмическое моделирование) и Revit (информационное моделирование).

Первым этапом процесса является создание структурированной базы данных в Airtable с информацией о каждом здании комплекса, полученной из архивных материалов ЦГИА СПб. База данных организована по хронологическому принципу с детальной атрибуцией каждого объекта по времени создания, конструктивным особенностям и функциональному назначению. Особое внимание уделяется верификации данных и указанию степени достоверности информации, что критически важно при работе с фрагментарными архивными источниками.

Второй этап включает разработку специализированного скрипта в среде Grasshopper, который взаимодействует с API Airtable для автоматического извлечения данных и их преобразования в параметрическую модель. Алгоритм обеспечивает динамическую связь между базой данных и геометрической моделью, позволяя мгновенно отражать изменения в данных на трехмерном представлении комплекса.

Параметрическая модель построена таким образом, что позволяет визуализировать различные временные срезы развития комплекса.

Третий этап предполагает интеграцию разработанной модели в Revit через плагин Rhino Inside для создания полноценной информационной модели с хронологическими параметрами. Данный подход позволяет сочетать преимущества алгоритмического моделирования Grasshopper с возможностями BIM-технологий Revit, создавая основу для дальнейшего проектирования. Информационная модель включает не только геометрические характеристики зданий, но и их семантические свойства, связанные с историческими периодами.

Заключительный этап представляет собой анализ полученной модели с выделением ключевых типологических элементов и узлов комплекса. Анализ проводится с использованием инструментов пространственного анализа, позволяющих выявить закономерности развития комплекса и определить наиболее значимые элементы для дальнейшей ревитализации.

Структура временной базы данных

База данных включает детализированную информацию о 156 объектах комплекса, систематизированную по специально разработанной структуре. Хронологические данные зафиксированы с точностью до года в диапазоне от 1860 до 1917 года, что позволяет проследить весь период активного формирования комплекса. Каждая запись содержит точную датировку строительства, реконструкций и возможных утрат, основанную на архивных документах и проектных чертежах.

Архитектурно-типологические характеристики включают подробное описание планировочных и объемных решений зданий. Особое внимание уделено выявлению типологических групп: линейных производственных корпусов, башенных сооружений, вспомогательных построек и переходов между зданиями. Данная классификация позволяет анализировать эволюцию типологических решений на протяжении всего периода развития комплекса.

Конструктивные системы и материалы документированы с указанием особенностей несущих конструкций, материалов стен и перекрытий. Прослеживается эволюция от традиционных кирпичных конструкций к металлическому каркасу и железобетонным системам, что отражает общие тенденции развития промышленной архитектуры конца XIX – начала XX века.

Функциональные назначения зданий фиксируются с указанием первоначального назначения и последующих изменений функций. Эта информация критически важна для понимания логики пространственного

развития комплекса и взаимосвязей между различными производственными процессами.

Авторство архитекторов и подрядчиков документируется на основе архивных данных, что позволяет проследить вклад различных специалистов в формирование архитектурного облика комплекса. Особое внимание уделено творчеству таких архитекторов, как Р.Р. Генрихсен, Э.Г. Юргенс, Р.А. Гедике, работавших на различных этапах развития комплекса.

Источники информации указываются с детальным описанием степени достоверности данных. Каждый элемент комплекса получает временную атрибуцию, позволяющую отслеживать его появление, модификации и возможную утрату в хронологической последовательности.

Алгоритм параметрического моделирования

В среде Grasshopper создается параметрическая модель, использующая данные из Airtable через API-интеграцию. Алгоритм построен по модульному принципу, что обеспечивает гибкость системы и возможность ее адаптации для других объектов исследования.

Автоматический импорт и обновление временных данных осуществляется через специально разработанные компоненты, которые устанавливают прямую связь с базой данных Airtable. Система обеспечивает динамическое обновление модели при внесении изменений в базу данных, что критически важно в процессе исследования, когда постоянно уточняются и дополняются исторические сведения.

Генерация трехмерной геометрии зданий происходит на основе архивных планов и исторических описаний через систему параметрических правил. Алгоритм интерпретирует двумерные архивные чертежи и преобразует их в объемные модели с учетом типологических особенностей промышленной архитектуры рассматриваемого периода. Особое внимание уделяется корректному воспроизведению пропорций и масштабных соотношений исторических зданий.

Визуализация процессов трансформации реализована через систему временных слайдеров, позволяющих осуществлять пошаговый просмотр эволюции комплекса. Пользователь может выбрать любой год в диапазоне 1860-1917 и увидеть состояние комплекса на этот момент, включая все существовавшие здания и их конструктивные особенности. Данная функция особенно ценна для понимания логики пространственного развития и выявления ключевых этапов формирования ансамбля.

Анализ пространственных связей между объектами в различные периоды осуществляется через специальные аналитические компоненты,

которые вычисляют расстояния, взаимную видимость, функциональные связи между зданиями. Это позволяет выявить закономерности в размещении новых корпусов и понять принципы планировочной организации комплекса на различных этапах его развития.

Результаты апробации методики

Применение разработанной методики к комплексу «Красный треугольник» позволило получить системные знания об эволюции этого уникального промышленного ансамбля.

Выявлены три основных этапа пространственного развития комплекса, каждый из которых характеризуется специфическими архитектурно-планировочными решениями.

Ранний период (1860-1870-е гг.) отмечен формированием первичной структуры комплекса вокруг компактного производственного ядра с характерной замкнутой планировочной организацией. В этот период были заложены основные принципы пространственной организации, включая систему внутренних дворов и основные композиционные оси.

Средний период (1880-1900-е гг.) характеризуется активным расширением производства и существенным увеличением масштаба застройки. Анализ темпоральной модели показал, что расширение происходило по четко выраженным направлениям, с сохранением функциональных связей между различными производственными зонами. В этот период формируется характерная линейная структура комплекса вдоль Обводного канала.

Поздний период (1900-1917 гг.) связан с технологическим прорывом и завершением формирования целостного архитектурного ансамбля. Цифровая реконструкция позволила проследить, как внедрение новых конструктивных технологий влияло на пространственную организацию комплекса и приводило к созданию более крупных и сложных архитектурных форм.

Анализ эволюции конструктивных систем выявил закономерный переход от традиционных кирпичных несущих стен к металлическому каркасу, а затем к железобетонным конструкциям. Темпоральная модель наглядно демонстрирует, как технологические инновации постепенно внедрялись в структуру комплекса, начиная с наиболее ответственных и крупных зданий. Особый интерес представляет анализ развития системы внутренних коммуникаций, включая переходы между корпусами и галереи, которые формировали единую функциональную систему.

Определены четыре ключевых типологических узла комплекса, каждый из которых обладает специфическими характеристиками и потенциалом

для ревитализации. Производственные корпуса с внутренними дворами представляют наибольший объем застройки и демонстрируют характерную эволюцию от замкнутых каре к более сложным планировочным структурам. Система переходов между корпусами образует уникальную трехмерную коммуникационную сеть, не имеющую аналогов в промышленной архитектуре Санкт-Петербурга. Водонапорные башни выполняют роль композиционных доминант и важных вертикальных ориентиров в структуре комплекса.

Преимущества цифрового подхода

Сравнительный анализ с традиционными методами исследования показал существенные преимущества разработанной методики цифровой темпоральной реконструкции. Возможность работы с неполными и фрагментарными данными представляет особую ценность при исследовании исторических объектов, где архивные материалы часто сохраняются не в полном объеме. Разработанная система позволяет интегрировать информацию различной степени достоверности и наглядно показывать области неопределенности. Параметрическая модель может функционировать даже при отсутствии части данных, используя типологические аналогии и интерполяцию для восполнения пробелов.

Визуализация гипотетических реконструкций исторических состояний открывает новые возможности для научного анализа и верификации исторических гипотез. Исследователь может создавать и сравнивать различные варианты реконструкции, основанные на альтернативных интерпретациях архивных данных. Это особенно важно для случаев, когда документальные свидетельства противоречивы или допускают множественную трактовку.

Выявление скрытых пространственных закономерностей развития становится возможным благодаря инструментам пространственного анализа, интегрированным в цифровую модель. Система способна автоматически выявлять паттерны в размещении зданий, их ориентации, функциональных связях, которые могли остаться незамеченными при традиционном анализе. Количественные методы анализа позволяют обнаружить математические закономерности в развитии комплекса.

Создание основы для научно обоснованных проектных решений по ревитализации обеспечивается интеграцией исторического анализа с современными инструментами архитектурного проектирования. Темпоральная модель может служить отправной точкой для разработки концепций приспособления исторических зданий, позволяя учесть все этапы их эволюции и выявить наиболее ценные элементы для сохранения.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке методики, позволяющей анализировать временные аспекты архитектурного

наследия [4, с.290]. Данный подход расширяет традиционные представления о методах исследования исторической архитектуры, интегрируя в них достижения современных цифровых технологий. Практическая ценность состоит в возможности применения результатов для формирования научно обоснованных подходов к ревитализации комплекса «Красный треугольник», а также других объектов промышленного наследия.

Заключение

Разработанная методика цифровой темпоральной реконструкции представляет собой инновационный подход к исследованию архитектурного наследия, позволяющий анализировать его пространственно-временную эволюцию с беспрецедентным уровнем детализации. Интеграция исторических данных в параметрическую модель через связку *Airtable – Grasshopper – Rhino Inside Revit* создает мощный инструментарий для комплексного изучения сложных многослойных объектов.

Применение данной методики к комплексу «Красный треугольник» не только позволило выявить ключевые типологические узлы для дальнейшей ревитализации, но и продемонстрировало возможность цифрового подхода для решения фундаментальных исследовательских задач в области архитектурного наследия. Полученные результаты существенно дополняют традиционные методы историко-архитектурного анализа, предоставляя новые инструменты для работы с темпоральными аспектами архитектуры.

Научная новизна разработанной методики заключается в создании интегрированной системы, которая объединяет возможности современных цифровых технологий для создания четырехмерной модели архитектурного комплекса. Такой подход позволяет не только документировать существующее состояние объектов, но и визуализировать их эволюцию во времени, что открывает новые горизонты для понимания закономерностей развития исторической архитектуры.

Практическая значимость исследования подтверждается возможностью использования полученных результатов в реальных проектах ревитализации промышленного наследия. Темпоральная модель комплекса «Красный треугольник» может служить научной основой для принятия обоснованных решений о сохранении, реставрации и приспособлении исторических зданий.

Перспективы дальнейших исследований связаны с совершенствованием алгоритмов параметрического моделирования и внедрением технологий машинного обучения для автоматизации процессов анализа архивных данных. Расширение применения разработанной методики на другие объекты промышленного наследия позволит создать

типологическую базу знаний об эволюции промышленной архитектуры. Представленный подход может стать основой для развития новых междисциплинарных методов исследования и проектирования в области архитектурного наследия, объединяющих достижения цифровых технологий, истории архитектуры и реставрационной науки.

Список литературы:

1. Кашеварова, Г.Г. Информационное моделирование зданий и классификация архитектурных элементов для объектов культурного наследия / Г.Г. Кашеварова, А.Е. Семина // Academia. Архитектура и строительство. – 2022. – С. 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-modelirovanie-zdaniy-i-klassifikatsiya-arhitekturnyh-elementov-dlya-obektov-kulturnogo-naslediya> (дата обращения: 22.04.2025).
2. Бенжор, Т. Моделирование информации о наследии зданий (HBIM) для сохранения наследия: структура проблем, пробелов и существующих ограничений HBIM / Т. Бенжор, С. Ганихашеми, Г. Хаджирасули, М. Голзад // Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. – 2024. – Т. 35. – DOI: 10.1016/j.daach.2024.e00366, P.1-15.
3. Murphy M., McGovern E., Pavia S. Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2013. Vol. 76. P. 89-102.
4. Стефани Ф., Де Лука Т., Верон Г., Флоренцано М. Рассуждения о пространственно-временных изменениях: подход к моделированию временного измерения в архитектурном наследии // IADIS International Conference Computer Graphics and Visualization. 2008. С. 287-292.
5. Штиглиц, М.С. Промышленная архитектура Петербурга / М.С. Штиглиц. – СПб.: Коло, 2005. – 416 с.
6. Семенцов, С.В. Этапы формирования пространственной среды Санкт-Петербурга / С.В. Семенцов // Вестник гражданских инженеров. – 2006. – № 4 (9). – С. 15-20.

1.6. ЭЛЕКТРОНИКА

ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК: ПРИНЦИП РАБОТЫ, ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ

Любимов Даниил Витальевич

студент

Улан-Удэнского колледжа

Железнодорожного транспорта,

РФ, г. Улан-Удэ

Мантатов Дмитрий Павлович

студент

Улан-Удэнского колледжа

Железнодорожного транспорта,

РФ, г. Улан-Удэ

Павлова Светлана Валерьевна

научный руководитель,

Улан-Удэнского колледжа

Железнодорожного транспорта,

РФ, г. Улан-Удэ

Введение

В современном мире оптические датчики занимают важное место в различных областях науки и техники, включая промышленную автоматизацию, робототехнику, медицину, телекоммуникации и системы безопасности. Их широкое распространение связано с высокой точностью, быстродействием и бесконтактным принципом измерения, что обеспечивает надежность и долговечность работы в сложных условиях эксплуатации.

Оптический датчик – это устройство, которое преобразует параметры светового излучения (интенсивность, длину волны, поляризацию и др.) в электрический сигнал, пригодный для обработки и анализа. Благодаря использованию различных физических эффектов, таких как фотопроводимость, фотогальванический эффект, эффект Холла и другие, оптические датчики способны измерять широкий спектр физических

величин: расстояние, скорость, уровень, наличие объектов и многое другое.

Особое значение оптические датчики приобретают в условиях, где требуется высокая точность и быстрота отклика, а также в средах, неблагоприятных для традиционных контактных датчиков – например, при высоких температурах, вибрациях или агрессивных химических средах.

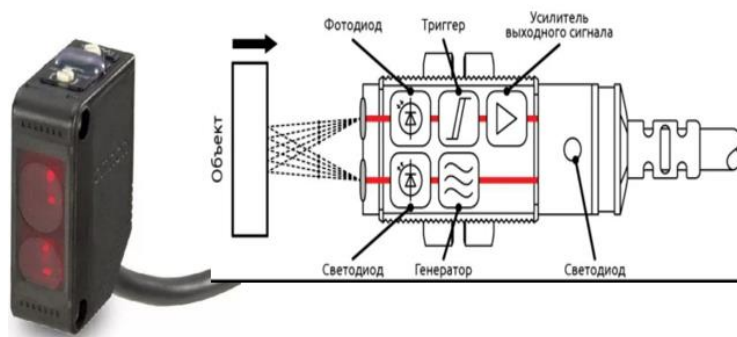


Рисунок 1. Оптический (или фотодатчик) отражательного типа

Основные элементы датчика:

- Светодиоды – испускают свет в сторону объекта.
- Фотодиод – принимает отражённый от объекта свет.
- Генератор, триггер, усилитель – обрабатывают сигнал и формируют выходной импульс.
- Выходной разъём – для подключения к системе управления.

Принцип работы:

1. Излучение света

Источник света посылает световой луч в направлении объекта или пространства, которое необходимо контролировать.

2. Взаимодействие с объектом

Свет либо отражается от объекта, либо проходит через него, либо блокируется (в зависимости от типа датчика).

3. Приём отражённого или проходящего света

Приёмник улавливает изменённый световой поток.

4. Преобразование в электрический сигнал

Световой сигнал преобразуется в электрический, величина которого зависит от интенсивности или других характеристик света.

5. Обработка сигнала

Электроника усиливает и обрабатывает сигнал, чтобы определить наличие объекта, расстояние до него, уровень освещённости и т.д.

Особенности оптического датчика

1. Бесконтактное измерение и обнаружение.

Оптические датчики работают без физического контакта с объектом, что позволяет измерять параметры или обнаруживать предметы без износа самого датчика и без воздействия на объект.

2. Высокая скорость реакции.

Оптические датчики способны очень быстро фиксировать изменения в освещённости или положении объекта, что делает их идеальными для применения в системах с высокой динамикой, например, в автоматике и робототехнике.

3. Точность и чувствительность.

Благодаря использованию световых сигналов, оптические датчики обеспечивают высокую точность измерений и способны обнаруживать даже небольшие изменения в положении или свойствах объекта.

4. Возможность работы на больших расстояниях.

В зависимости от конструкции и мощности источника света, оптические датчики могут работать на значительных расстояниях – от нескольких миллиметров до нескольких метров и даже больше.

5. Независимость от электромагнитных помех.

В отличие от индуктивных или емкостных датчиков, оптические устройства практически не подвержены влиянию электромагнитных помех, что обеспечивает стабильную работу в сложных условиях.

6. Влияние внешних факторов.

Оптические датчики чувствительны к условиям освещения, пыли, грязи, влаге и другим факторам окружающей среды, которые могут ухудшать качество и точность измерений. Поэтому часто требуется защита или калибровка.

7. Разнообразие типов и принципов работы.

Оптические датчики бывают разных видов – отражательные, прохождение, диффузные, лазерные и т.д., что позволяет подбирать оптимальный тип для конкретных задач.

8. Компактность и простота интеграции.

Малые размеры и простота конструкции позволяют легко встроить оптические датчики в различные устройства и системы автоматизации.

9. Энергопотребление.

Оптические датчики обычно потребляют мало энергии, особенно если используются светодиоды в качестве источника света.

10. Стоимость.

В зависимости от типа и точности, стоимость оптических датчиков может варьироваться от очень бюджетных до достаточно дорогих моделей с высокими техническими характеристиками.

Виды оптических датчиков.

Оптические датчики применяются для решения широкого круга задач. В связи с этим перед покупкой прибора необходимо определиться с условиями работы устройства; функциями, которыми устройство, в котором применяется датчик, должно обладать.

В зависимости от особенностей работы оптические датчики подразделяются на 3 типа (по ГОСТ IEC 60947-5-2-2012).

Тип D (диффузный). Использует эффект диффузного отражения потока излучения от объекта воздействия при его боковом или осевом приближении. Благодаря этой особенности они способны контролировать территорию на большом расстоянии. При этом барьерные датчики демонстрируют высокую эффективность. В частности, на работоспособность прибора не влияют капли жидкости и пыль.

Тип T (барьерный). Датчик с разнесённой оптикой, который косвенно действует при боковом приближении контролируемого объекта воздействия по относительной оси между приёмным и излучающим устройствами. **Барьерные.**

Датчики барьерного типа отличаются нестандартным принципом работы. Для активации прибора необходимо, чтобы приемник и передатчик были установлены друг напротив друга. Только при соблюдении данного условия световой луч будет попадать в прибор. Если между приемником и передатчиком возникает барьер (отсюда и название устройства), то датчик подаст соответствующий сигнал.

Тип R (ретрорефлекторный). Датчик отражательного типа, который косвенно действует при боковом приближении контролируемого объекта воздействия к относительной оси между приёмо-излучающим устройством и рефлектором.

Датчики этого типа активируются при отражении светового луча от рефлектора, после чего тот попадает на приемник. Прибор повторно включается, когда объект покидает контролируемую зону.

Рефлекторные датчики действуют на расстоянии до 10 метров. При этом данное устройство способно контролировать и большую территорию, но тогда снижается эффективность его работы. Объясняется

это тем, что по мере увеличения расстояния повышается вероятность смещения направления светового луча из-за вибрации либо пыли.

Рефлекторные датчики, у которых приемник и передатчик размещены в одном корпусе, способны распознавать полупрозрачные объекты. Такие приборы часто используют как один из компонентов конвейера. Датчик регистрирует момент, когда изделие попадает в определенную точку, и сигнализирует о выходе продукции из зоны контроля.

Заключение

Оптические датчики являются важным элементом современных систем измерения и управления, благодаря своей высокой точности, быстродействию и бесконтактному принципу работы. Их способность преобразовывать параметры светового излучения в электрические сигналы открывает широкие возможности для применения в промышленной автоматизации, робототехнике, медицине, телекоммуникациях и многих других областях.

Разнообразие конструкций и физических принципов, лежащих в основе работы оптических датчиков, позволяет эффективно решать задачи измерения расстояния, скорости, наличия объектов и других параметров в самых различных условиях эксплуатации. Современные разработки направлены на повышение чувствительности, компактности и энергоэффективности таких устройств, что способствует расширению их функционала и внедрению в интеллектуальные системы.

Список литературы:

1. Оптические датчики: принцип работы, конструкция, виды, область применения. URL: <https://leuze.ru/opticheskie-datchiki>(дата обращения 20.05.2025).
2. ГОСТ ИЕС 60947-5-2-2012 – «Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 5-2. Аппараты и коммутационные элементы цепей управления. Бесконтактные датчики»

CONFERENCE PAPERS IN ENGLISH

SECTION 1. TECHNICAL SCIENCES

1.1. COMPUTER SCIENCE, ENGINEERING AND MANAGEMENT

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODELS FOR ESTIMATING THE COMPLEXITY OF IT PROJECTS IN THE ROCKET AND SPACE FIELD: FROM COCOMO II TO FUNCTIONAL POINT ANALYSIS

Anastasiya Aab

*Graduate student, Siberian State University
of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev,
Russia, Krasnoyarsk*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ ИТ-ПРОЕКТОВ В РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: ОТ СОСОМО II К ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ ТОЧЕЧНОМУ АНАЛИЗАМУ

Ааб Анастасия Валерьевна

*аспирант,
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва,
РФ, г. Красноярск*

Abstract. The assessment of the complexity of IT projects at enterprises of the rocket and space industry requires taking into account the specifics of the technological cycle, the cooperative structure, regulated processes and the integration nature of digitalization. The article presents two approaches: the classical COCOMO II model and the function-oriented method of Function Point

Analysis. A comparison of their applicability is carried out, taking into account the features of digital transformation in the military-industrial complex. Recommendations on the choice of methods for justifying labor costs in the creation and development of a unified information space are proposed. The priority of functionally oriented models in the context of complex digitalization is substantiated.

Аннотация. Оценка трудоёмкости ИТ-проектов на предприятиях ракетно-космической отрасли требует учёта специфики технологического цикла, кооперационной структуры, регламентированных процессов и интеграционного характера цифровизации. В статье представлены два подхода: классическая модель COCOMO II и функционально-ориентированная методика Function Point Analysis. Проведено сравнение их применимости с учётом особенностей цифровой трансформации в оборонно-промышленном комплексе. Предложены рекомендации по выбору методов для обоснования трудозатрат при создании и развитии единого информационного пространства. Обоснована приоритетность функционально-ориентированных моделей в условиях комплексной цифровизации.

Keywords: Function Point Analysis; COCOMO II; digitalization; automated systems.

Ключевые слова: Function Point Analysis; COCOMO II; цифровизация; автоматизированные системы.

At the current stage of the development of the rocket and space industry (RSI), the issues of creating a unified information space (UIS) are of strategic importance. Information fragmentation, duplication of data, lack of end-to-end digital traceability of products and weak integration between subsystems negatively affect the manageability, reliability and efficiency of production and design processes.

The development and implementation of EIP are complex IT projects that require precise planning and justification of resources. Of particular importance in this case is the assessment of labor intensity, both at the stage of the feasibility study, and in the process of implementation and control.

Classical methods, such as COCOMO II, were developed based on software development from scratch and rely on code volume indicators. In the context of the RSI, where digitalization proceeds through modernization, adaptation and integration, the use of such methods becomes difficult. Function Point Analysis (FPA) offers an alternative way – an assessment through the number and complexity of functions, which corresponds to the EIP architecture and the process approach in the industry.

IT projects in the rocket and space industry have a number of special features:

- a strict regulatory framework regulates the stages, scope of work, and information security requirements;
- complex integration links: PLM, ERP, and MES systems work cooperatively and require secure data exchange;
- long product lifecycle: supporting digital data for 30-50 years requires reliable and scalable solutions;
- using standard platforms with deep refinement: most solutions are not built from scratch, but based on systems such as 1C, SAP, Windchill and others.

Under these conditions, the calculation of labor intensity by lines of code (as in COCOMO II) does not reflect reality: a significant part of the resources is spent on integration, formalization of processes, configuration and validation of solutions. Therefore, evaluation methods should take into account the functional load, not just the software implementation.

The problem of estimating the complexity of software and information systems appeared in the early stages of the development of software engineering. In the initial stages, the main units of measurement were man-days or man-months, and the empirical data accumulated by organizations served as the basis for calculations. However, already in the 1970s, it became obvious that successful project management required unified and formalized evaluation methods that did not depend solely on the team's experience.

At this stage, quantitative models began to form, among which the COCOMO (Constructive Cost Model) model, first introduced by Barry Boehm in 1981, became particularly popular. This model was based on an analysis of more than 60 real-world software development projects and made it possible to link labor costs with the volume of the program in lines of code.

With the development of the IT industry and the transition from monolithic development to integration and flexible approaches, as well as against the background of widespread adoption of corporate information systems (ERP, PLM, CRM), COCOMO in its classic form began to lose relevance. There was a need for a model capable of adequately describing not only the software implementation, but also the functional content of projects.

The COCOMO II model includes three levels:

- Application Composition Model – at the concept stage, estimates based on the number of screens and forms;
- Early Design Model – if there is a preliminary architecture;
- Post-Architecture Model – when the project is fully developed, using cost factors.

The evaluation is based on the number of lines of code (SLOC), adjusted for factors such as reliability, reuse, team experience, process maturity, etc.

However:

- in RSI projects, the amount of code is often unknown until the design stage is completed;
- a significant part of the complexity is spent on integration, configuration, testing, rather than coding;
- the requirements for certification, information security, and GOST do not affect the amount of code, but they significantly increase the actual labor intensity.

Thus, in its classical form, COCOMO II is poorly applicable to the tasks of digitalization in the RSI.

The FPA method evaluates the functional complexity of a system from the user's point of view, based on quantity and complexity:

- inputs (EI),
- outputs (EO),
- Interactive queries (EQ),
- logical files (ELF),
- external interfaces (EIF).

Each element is assigned a weight, the difficulty coefficient is determined, and the total number of function points is calculated.

This is especially important for RSI:

- most projects involve the implementation and configuration of ready-made solutions, where there is little code, but a lot of logic and integration;
- the calculation can be carried out according to the terms of reference, without knowledge of SLOC;
- it is possible to include in the calculation work with standards, integration with PDM, ERP, MES, CD version control, approval routes;
- the model scales and adapts to the specifics of the enterprise.

In practice, FPA allows for a more reliable assessment of projects to create an EIP, build a digital twin, automate cost calculations, planning, and other key functions of the enterprise.

An assessment of the complexity of developing a module for production planning and calculating the cost of a product was carried out at one of the industry enterprises. Have been identified:

- 5 external inputs (item data, routes, fares);
- 4 outputs (reports, cost of production by nodes);
- 3 requests (by deadlines, performers);
- 2 logical files (templates and calculation version);

- 3 external interfaces (PLM, ERP, MES).

The calculation yielded 92 functional points. With a standard of 12 person-hours per point, the total was ~1100 person-hours, which was confirmed by the actual labor costs during the implementation.

COCOMO II remains relevant for evaluating the development of unique software components, but is poorly applicable in the context of digitalization with an emphasis on integration, customization and architecture.

Function Point Analysis adequately reflects the specifics of OT projects in RSI, focused on building EIP, digital twins, interfacing with PLM/ERP/MES.

The implementation of FPA at the enterprise level makes it possible to standardize estimates of labor costs, improve budgeting accuracy, and simplify digital project management.

For industries like the rocket and space industry, it is advisable to adapt the FPA to GOST and FSTEC requirements, including expanding standard functions and taking into account specific risks.

References:

1. Alshomary M. et al. Key point analysis via contrastive learning and extractive argument summarization //arXiv preprint arXiv:2109.15086. – 2021.
2. Boehm B.W. et al. Software cost estimation with COCOMO II. – Prentice Hall Press, 2009.
3. Голосовский М.С. Модель расчета оценок трудоемкости и срока разработки информационных систем на начальном этапе жизненного цикла проекта //Программная инженерия. – 2016. – Т. 7. – №. 10. – С. 446-455.
4. Логинов И.В. Инфокоммуникационные технологии //Инфокоммуникационные технологии Учредители: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. – 2021. – Т. 19. – №. 3. – С. 327-335.

ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ КОНФЕРЕНЦИЯ БАЯНДАМАЛАРЫ

БӨЛІМ 1. ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

1.1. ИНФОРМАТИКА, ИНЖЕНЕРИЯ ЖӘНЕ МЕНЕДЖМЕНТ

"СНПС-АҚТӨБЕМҰНАЙГАЗ"АҚ" КОМПАНИЯСЫНДА БҰТАЛЫ АЛАҢДАРДА SCADA-ЖҮЙЕЛЕРІН ЕНГІЗУ: ТӘЖІРИБЕ, ТИІМДІЛІК ЖӘНЕ ПЕРСПЕКТИВАЛАР

Алпамыс Меирлан Ерболұлы

студенті,

Баишев университетінің,

ҚР, Ақтөбе

Амир Мұхаммедәли Берікұлы

студенті,

Баишев университетінің,

ҚР, Ақтөбе

Артыгалин Ербол Бектурович

студенті,

Баишев университетінің,

ҚР, Ақтөбе

Беркешева Асель Салимжановна

т. з. к., қауымдастырылған профессор,

Баишев Университет,

ҚР, Ақтөбе қ.

IMPLEMENTATION OF SCADA SYSTEMS AT CLUSTER SITES AT SNPS – AKTOBEMUNAIGAS: EXPERIENCE, EFFICIENCY AND PROSPECTS

Meirlan Alpamys

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Amir Mukhammedali

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Erbol Artygalin

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Assel Berkesheva

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Аннотация. "СНПС – Ақтөбемұнайгаз" компаниясының бұталы аландарында диспетчерлік басқару және деректерді жинау (SCADA) жүйелерін енгізу тәжірибесі қарастырылуда. Автоматтандырудың өндірістік көрсеткіштерге әсері, соның ішінде апаттылықтың 25 % – ға төмендеуі, технологиялық процестерді басқарудың жоғарылауы және қауіпсіздік көрсеткіштерінің жақсаруы талданады. Енгізілген шешімдердің архитектурасына шолу жасалады және мұнай өндірудегі SCADA жүйелерін одан әрі дамыту перспективалары туралы қорытынды жасалады.

Abstract. The article discusses the experience of implementing dispatch control and data collection (SCADA) systems at the sites of SNPS – Aktohemunaigas. The impact of automation on production performance is analyzed, including a 25 % reduction in accidents, increased process control, and improved safety performance. An overview of the architecture of the implemented solutions is given and a conclusion is drawn about the prospects for further development of SCADA systems in oil production.

Кілт сөздер: мұнай өндіруді автоматтандыру, мұнай-газ өнеркәсібі, өндірісті цифрландыру, өндіріс тиімділігі, өнеркәсіптік автоматтандыру, SCADA интеграциясы, телеметрия.

Keywords: automation of oil production, oil and gas industry, digitalization of production, production efficiency, industrial automation, SCADA integration, telemetry

Қазіргі заманғы мұнай өндіруші кәсіпорындар өндіріс процестерін цифрландыруға және автоматтандыруға көбірек көңіл бөлуде. Автоматтандырудың негізгі бағыттарының бірі қашықтан бақылауды, деректерді жинауды және өңдеуді, сондай-ақ технологиялық жабдықты басқаруды қамтамасыз ететін SCADA жүйелерін енгізу болды. "СНПС-Ақтөбемұнайгаз" АҚ "компаниясы цифрлық трансформацияны, оның ішінде пайдалану ұңғымалары қорының едәуір бөлігі шоғырланған бұталы алаңдарда белсенді түрде іске асыруда.

Мұнай өндірудегі SCADA жүйелері: функционалдығы мен артықшылықтары. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз етудің интеграцияланған кешені болып табылады:

- нақты уақыт режимінде жабдықтың жұмыс параметрлерін бақылау;
- сорғыларды, клапандарды, PPD жүйелерін және т. б. қашықтан басқару құралы;
- тарихи деректерді жинақтау және талдау;
- есептілік пен дабылды ескертулерді қалыптастыру.
- Мұнай өндірудегі SCADA артықшылықтары:
- қызметкерлердің шығу санын азайту;
- штаттан тыс жағдайларға жедел ден қою;
- жабдықтың тоқтап қалу уақытын қысқарту;
- өнеркәсіптік қауіпсіздік деңгейін арттыру.

"СНПС-Ақтөбемұнайгаз" АҚ " компаниясы 2019 жылдан бастап бұталы алаңдарды автоматтандырудың ауқымды бағдарламасын іске асыруда. Қазіргі уақытта SCADA-ны енгізу ХМАО мен ЯНАОДАҒЫ 200-ден астам бұтада аяқталды.

Жобаның негізгі ерекшеліктері:

- Таратылған SCADA архитектурасын әр бұтада жергілікті PLC контроллерлерімен пайдалану;
- Аймақтық диспетчерлік орталықтардағы деректерді орталықтандыру;
- SCADA геоаппараттық жүйелермен (ГАЗ) және ERP интеграциясы;

• Қашықтан қол жеткізу үшін сенімді байланыс арналары (талшық, LTE, спутниктік байланыс).

Іске асыру нәтижелері және тиімділікті талдау

SCADA жүйелерін енгізгеннен кейін келесі жақсартулар тіркелді:

Кесте.

Мәндер

Көрсеткіштер	Енгізілгенге дейін	Енгізілгеннен кейін	Өзгерістер
Айына апаттардың орташа саны	8	6	–25 %
Бас тартуға жауап берудің орташа уақыты	120 мин	40 мин	–67 %
Жоспардан тыс шығу үлесі	60 %	30 %	–50 %
Қашықтан басқару деңгейі	20 %	85 %	+325 %

Негізгі әсер-апаттылықты 25 % – ға төмендету және өндіріс процесінің жалпы тұрақтылығын арттыру.

Оң нәтижелерге қарамастан, SCADA жүйелерін енгізу кезінде белгілі бір қиындықтар анықталды:

- ескі жабдықты бейімдеу қажеттілігі;
- алыстағы объектілерде байланысты қамтамасыз етудегі қиындықтар;

- білікті ат қызметкерлерінің тапшылығы;
- ақпараттық қауіпсіздік мәселелері.

Оларды шешу үшін архитектураны стандарттау және қызметкерлерді оқыту бойынша жұмыстар жүргізілуде.

SCADA – жүйелерін дамытудың перспективалық бағыттары

1. ПоТ және сандық платформалармен Интеграция

Сенсорларды сымсыз арналар арқылы қосу (NB-IoT, LoRaWAN) ;

Деректерді сақтау және талдау үшін бұлтты шешімдерді пайдалану;

Өндірістік объектілердің цифрлық егізін құру.

2. Аналитика мен АИ енгізу

Жабдықтың істен шығуын болжауға арналған болжамды талдау;

Машиналық оқыту алгоритмдері арқылы өндіруді оңтайландыру;

Сорғы жабдықтарын автоматтандырылған калибрлеу.

3. Хаттамалар мен жүйелерді біріздендіру

Бірыңғай стандарттарға көшу (Modbus TCP, OPC UA);

Деректерді басқаруды орталықтандыру;

Масштабталатын SCADA архитектурасын енгізу (Ignition, Siemens WinCC немесе Schneider EcoStruxure сияқты платформаларға негізделген).

4. Киберқауіпсіздік

Деректер арналарын қорғау;

Өнеркәсіптік желілерді сегментациялау;

SCADA үшін интрузияны анықтау жүйелерін (IDS) енгізу.

Болашақта жоспарлануда:

- SCADA-жүйеге жасанды интеллект элементтерін енгізу (Smart SCADA);

- сымсыз сенсорлар мен IoT платформаларына ауысу;

- кен орындарының сандық егіздерімен интеграция;

- деректерді талдау үшін бұлтты шешімдерді қолдануды кеңейту.

"СНПС-Ақтөбемұнайгаз" АҚ" тәжірибесі SCADA-ны бұта алаңдарында енгізу мұнай өндіруді цифрландыру бағытындағы тиімді қадам болып табылатынын көрсетеді. Жүйелер өндірістік объектілердің қауіпсіздігін, тиімділігін және басқарылуын едәуір арттыруға мүмкіндік береді, ал апаттылықтың 25 % – ға төмендеуі жобаның жоғары экономикалық және технологиялық маңыздылығын растайды.

Ақтөбемұнайгаз СНПС-да SCADA-жүйелерін дамыту-цифрлық трансформация мен тұрақты өсудің кілті. Қазіргі заманғы басқару және талдау платформаларын және сенімді инфрақұрылымды енгізу өндірістік тиімділікті арттыруға, шығындарды азайтуға және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Кривошеев С.В., Иванов А.И. Автоматизация нефтедобычи. – М.: Недра, 2021.
2. "СНПС-Ақтөбемұнайгаз" АҚ". 2023 жылығы жылдық есеп. – http://www.cnpc-amg.kz/?p=sennm_11
3. Мельников В.А., Система SCADA в добыче нефти. // Нефтегазовая автоматизация, №3, 2022.
4. ISO 9506-1: Industrial automation systems – SCADA and DCS integration.

МҰНАЙ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕРДІ ЕНГІЗУ: ТЕХНОЛОГИЯЛАР, ӘСЕРЛЕР ЖӘНЕ ПЕРСПЕКТИВАЛАР

Арыстанғалиев Ерлан Айбекович

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Құлмұрзин Әділ Сәкенұлы

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Құнанбай Абилман Абайұлы

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Тажиева Гульден Нуржановна

магистр, ассистент профессора,
Баишев Университет,
ҚР, Ақтөбе қ.

INTRODUCTION OF DIGITAL TWINS IN THE OIL INDUSTRY: TECHNOLOGIES, EFFECTS AND PROSPECTS

Yerlan Arystangaliev

Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Adil Kulmurzin

Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Abilman Kunanbay

Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Gulden Tazhieva

Master, Assistant Professor
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Аннотация. Цифрлық егіздер мұнай-газ өнеркәсібін цифрлық трансформациялау шеңберіндегі негізгі технологияларға айналуға. Мақалада кен орындары мен жабдықтардың цифрлық егіздерін құру принциптері қарастырылады, оларды өндіруді басқаруда, процестерді модельдеуде және техникалық қызмет көрсетуде пайдаланудың артықшылықтары талданады. Мұнай өндіру кәсіпорындарында табысты енгізудің мысалдары, сондай-ақ осы технологияны дамытудың сын-қатерлері мен перспективалары сипатталған.

Abstract. Digital twins are becoming key technologies in the digital transformation of the oil and gas industry. The article discusses the principles of building digital twins of deposits and equipment, analyzes the advantages of their use in production management, process modeling and maintenance. Examples of successful implementation at oil production enterprises, as well as challenges and prospects for the development of this technology are described.

Кілт сөздер: цифрлық егіздер, мұнай-газ өнеркәсібі, цифрлық трансформация, кен орындарын басқару, сандық технологиялар, жабдықтың цифрлық үлгісі.

Keywords: digital twins, oil and gas industry, digital transformation, field management, digital technologies, digital model of equipment.

Мұнай өндіру саласы Белсенді цифрландыру сатысында және ең перспективалы бағыттардың бірі Цифрлық егіздерді (digital twins) енгізу болып табылады. Сандық егіз-нақты уақыт режимінде нақты прототиппен синхрондалатын физикалық объектінің немесе процестің виртуалды көшірмесі. Бұл нақты болжамдар жасауға, жабдықтың жұмысын оңтайландыруға және өндірістік тәуекелдерді басқаруға мүмкіндік береді.

Сандық егіз келесі компоненттерден тұрады:

- Физикалық жүйе (мұнай өндіру объектісі: ұңғыма, сорғы, құбыр);
- Физикалық және инженерлік заңдар негізінде объектінің мінез-құлқын көрсететін математикалық модель;

- Деректер көздері: SCADA жүйелері, сенсорлар, Тарихи деректер, ERP және MES;

- Визуализация интерфейсі-модельдеу мен нәтижелерді көрсетуге мүмкіндік беретін сандық платформа [1].

Бұл құрылым процестерді визуализациялауға ғана емес, сонымен қатар сценарийлік модельдеуге, тәуекелдерді бағалауға және автоматты шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

Мұнай өндіруде цифрлық егіздерді қолдану салалары

1. Кен орындары – цифрлық егіздердің құрылысы кен орындарының дамуын модельдеуге, дебиттерді болжауға, жаңа ұңғымалардың орналасуын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

2. Жабдық-болжамды аналитика арқылы сорғылардың, құбырлардың, компрессорлардың және басқа элементтердің істен шығуын болжау.

3. Өндіру процестері-айдау тиімділігін бағалау, жөндеуді жоспарлау және ППД мониторингі.

4. Экологиялық бақылау – апат сценарийлерін модельдеу және қоршаған ортаға әсерді бағалау.

Іске асыру мысалдары

- Ұңғымалардың өнімділігін, қысымын және ұңғымалардың әлеуетін талдауға мүмкіндік беретін ұңғымалардың цифрлық егіздері және олардың жұмысы бар Abai модульдік ақпараттық жүйесі құрылды. Тестілеу кезеңінде (мамыр–қазан 2023) Kazgermunai 13 ұңғымасы өндірісті 560 тоннаға ұлғайтты – шығынды азайту және өндірісті ұтымды қайта бөлу.

- Технологиялық қондырғылардың цифрлық егіздері үшін негіз болатын МӨЗ үшін цифрлық мастер-жоспар/3D-модельдер құру. Жеделдетілген жобалау, қауіпсіздік пен сенімділікті жақсарту, AVT-3 бағанының жұмыс режимдерін оңтайландыру (+10 % дейін). Каспий мұнайын өңдеу кезінде мұнай беру мен тиімділік артты, ~ KZT экономикалық әсері AVT-3-ке жылына 5 млрд.

- KAZPETROL тобының "Digital Smart Oilfield" жобасы.Режимдерді басқару және реттеу үшін сенсорларды, ML аналитикасын және әрбір ұңғыманың аі қосарлануын біріктіретін автоматтандырылған аіcрсі платформасы. Нәтижесі: ұңғымаларды пайдалану коэффициенті ≈5 % – ға өсті, өндіріс шығындарын азайту және қаражатты басқаруды нығайту. Тоқтап қалуды азайту, шығындарды оңтайландыру, жалпы мұнай өндірудің өсуі.

- "Газпром нефть" и Муравленко атындағы кен орнында өндіруді оңтайландыру үшін цифрлық егіздерді пайдаланады, бұл мұнай беруді 7 % – ға арттыруға мүмкіндік берді.

- "Лукойл" бұрғылау қондырғысының цифрлық егізінің жобасын жүзеге асырды, бұл жөндеу уақытын 20 % – ға қысқартты.

- Shell және BP жабдықтың істен шығу қаупін азайта отырып, теңіз платформаларын бақылау үшін сандық егіздерді қолданады. [3].

Қазақстанда цифрлық егіздер ұңғымаларда, МӨЗ агрегаттарында және кен орындарында сәтті қолданылады. Осының арқасында 2-10 % диапазонында – учаскеге және технологияға байланысты мұнай берудің өсуіне қол жеткізіледі. Платформаны Машиналық оқыту мен телеметриямен біріктіру режимдерді оңтайландыруда және шығындарды азайтуда шешуші рөл атқарады.

Сандық егіздерді енгізу мыналарды қамтамасыз етеді:

- Болжамдардың дәлдігін арттыру (95 % дейін);
- Техникалық қызмет көрсету шығындарын 30-ға дейін төмендету%;
- Жабдықтың жөндеу аралық кезеңін ұлғайту;
- Апаттылықты және жоспардан тыс аялдамаларды азайту.

Іске асыру сын-қатерлері:

Қолданыстағы инфрақұрылыммен интеграциялаудың күрделілігі;

- Математикалық модельдерді нақты геологияға бейімдеу қажеттілігі;
- Бастапқы деректердің сапасына қойылатын жоғары талаптар;
- Деректерді модельдеу және талдау саласындағы мамандардың кадрлық тапшылығы.

Мұнай өндірудегі цифрлық егіздердің болашағы мыналармен байланысты:

- Модельдерді бейімдеу үшін машиналық оқытуды қолдану;
- Интернет заттары (IoT) технологияларымен біріктіру;
- Өнеркәсіптік метаверс платформаларымен интеграция;
- Допделгангерлермен ұжымдық жұмыс үшін бұлтты платформаларды дамыту. [2].

Цифрлық егіздер мұнай өнеркәсібінің цифрлық трансформациясының ажырамас бөлігіне айналууда. Олар негізделген шешімдер қабылдауға, Жабдықтың сенімділігін арттыруға және операциялық шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Модельдеу технологиялары мен әдістемелерін одан әрі дамыта отырып, оларды қолдану кен орнының барлаудан бастап жоюға дейінгі бүкіл өмірлік циклін қамтиды.

Әдебиеттер тізімі:

1. Digital Twin in Oil & Gas Market – Global Forecast to 2027. MarketsandMarkets, 2023.
2. Штейнберг А.А., Лобачев А.Н. Цифровые двойники в нефтегазовой отрасли. // Нефть и газ, №4, 2022.
3. Shell Digital Twin Success Stories. – <https://www.shell.com>

**ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ЖҰМЫСЫН АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ
ТҮЗЕТУ ҮШІН "ҚАРАШЫҒАНАҚ ПЕТРОЛИУМ
ОПЕРЕЙТИНГ" ML – АЛГОРИТМДЕРІН**

Қойшекенов Азат Ақанұлы

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Егінбай Бекқожа Бауыржанұлы

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Сисенов Азамат

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Әділ Бекзат Байыржанұлы

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Тажиева Гульден Нуржановна

магистр,
профессордың ассистенті
Баишев Университет,
ҚР, Ақтөбе қ.

THE USE OF ML ALGORITHMS IN KARACHAGANAK PETROLEUM OPERATING FOR AUTOMATIC ADJUSTMENT OF INSTALLATIONS

Azat Koyshekenov

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Bekkozha Yeginbay

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Azamat Sysenov

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Bekzat Adil

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Gulden Tazhieva

*Master,
Assistant Professor
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Аннотация. Мақала " Қарашығанақ Петролиум Оперейтинг" жақ – дағы электр орталықтан тепкіш сорғылар (УЭЦН) қондырғыларының жұмысын басқаруда машиналық оқытудың (ML) практикалық қолданылуын талдауға арналған. Интеллектуалды алгоритмдерді қолдану сорғы жабдыктарының жұмыс режимдерін оңтайландыруға және энергия шығынын 12 % төмендетуге мүмкіндік берді. ML жүйесінің құрылымы, деректерді жинау және талдау архитектурасы, енгізу кезеңдері, алынған әсерлер мен даму перспективалары сипатталған.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the practical application of machine learning (ML) in controlling the operation of electric centrifugal pumps (ECPs) in Karachaganak Petroleum Operating. The use of intelligent algorithms has made it possible to optimize the operating modes of pumping equipment and reduce energy consumption by 12 %. The structure of the ML system, the architecture of data collection and analysis, the

stages of implementation, as well as the effects and development prospects are described.

Кілт сөздер: цифрлық егіздер, мұнай-газ өнеркәсібі, цифрлық трансформация, кен орындарын басқару, сандық технологиялар, жабдықтың цифрлық үлгісі.

Keywords: digital twins, oil and gas industry, digital transformation, field management, digital technologies, digital model of equipment.

УЭЦН – "Қарашығанақ Петролиум Оперейтинг " қоса алғанда, мұнай өндіруші компаниялардағы көтергіш жабдықтың негізгі түрі. Электр энергиясына шығындардың өсуі және жабдықтың тозуы жағдайында энергия тиімділігіне қойылатын талаптар артады. Бұл тұрғыда машиналық оқытуды енгізу нақты уақыт режимінде УЭЦН жұмыс параметрлерін интеллектуалды басқарудың жаңа мүмкіндіктерін ұсынады.

UEC үшін ML жүйесінің жұмыс принципі. UEC үшін ML жүйесінің жұмыс принципі сәтсіздіктерді болжау, жұмыс режимдерін оңтайландыру және өндіру тиімділігін арттыру үшін машиналық оқыту алгоритмдерін қолдана отырып, батыру жабдықтары мен ұңғыманың деректерін талдау болып табылады.

"Татнефть" – дағы УЭЦН жұмысын автоматты түзету жүйесі SCADA-жүйелерінің, телеметрияның, пайдалану журналдарының және ұңғымалардың сипаттамаларының деректерінен оқытылған Машиналық оқыту моделін пайдаланады. Архитектура келесі компоненттерді қамтиды:

- Ұңғымаларға орнатылған ток, қысым және діріл датчиктері;
- Деректерді өңдеу платформасы-параметрлерді сүзу және қалыпқа келтіру;
- Градиентті күшейтуге және қайталанатын нейрондық желілерге (RNN) негізделген ML модулі;
- Айналу жиілігін, айдау режимін және нақты уақыттағы қысымды реттейтін шешім қабылдау жүйесі.

Электр орталықтан тепкіш сорғыны (УЭЦН) орнатуға арналған ML жүйесін енгізу кезеңдері мен жұмыс принципі мыналарды қамтиды:

1. Деректерді жинау: SCADA жүйелерінен, PLC және басқа көздерден УЭЦН және ұңғымалардан (қысым, ток, діріл, дебит, температура және т.б.) тарихи және ағымдағы деректер жинақталады.
2. Деректерді тазарту және дайындау: олқылықтар, шығарындылар мен шулар жойылады, параметрлер қалыпқа келтіріледі, оқыту үлгілері қалыптасады.

3. ML моделін әзірлеу және оқыту: дайындалған мәліметтер негізінде сәтсіздіктерді болжау, диагностикалау немесе жұмысты оңтайландыру тапсырмалары үшін модельдер (мысалы, шешім ағаштары, градиентті күшейту, нейрондық желілер) оқытылады.

4. Валидация және тестілеу: сынақ деректері мен пилоттық объектілерде модельдің дәлдігін, тұрақтылығын және қолданылуын тексеру жүргізіледі.

5. Өндірістік жүйемен Интеграция: модель IT-инфрақұрылымға (SCADA, бұлтты платформалар, жергілікті серверлер арқылы) енеді, нақты уақыттағы деректерді беру және нәтижелерді визуализациялау камтамасыз етіледі.

6. Пайдалану және кері байланыс: ML жүйесі ауытқуларды болжай бастайды, оңтайлы жұмыс режимдерін ұсынады және қызметкерлерді хабардар етеді, ал жұмыс деректері модельдің дәлдігін қайта даярлау және жақсарту үшін қолданылады.

7. Қолдау және масштабтау: жүйе жаңа деректерді ескере отырып жаңартылады және сәтті қолданылған кезде басқа бұталы жерлерде немесе кен орындарында қайталанады. [1]

УЭЦН үшін ML-жүйесін енгізуден алынған нәтижелерге мыналар жатады:

1. Істен шығу белгілерін ерте анықтау есебінен жабдықтың жоспардан тыс тоқтап қалуының төмендеуі (пилоттық учаскелердегі істен шығу санының 30-50 % – ға дейін қысқаруы).

2. Реактивтіден проактивті қызметке көшудің арқасында істен шығуды арттыру (MTBF).

3. Қабаттың және ұңғыманың ағымдағы шарттарына сәйкес УЭЦН жұмыс режимдерін автоматтандырылған баптау арқылы мұнай өндіру тиімділігінің өсуі (дебит өсімінің +3-7 % дейін).

4. ППР регламенттерін оңтайландыру және бригадалардың шығу санын азайту арқылы қызмет көрсету және жөндеу шығындарын азайту.

5. Болжамдарды, алерттерді және ұсынымдық модельдерді визуализациялау арқылы жедел персонал шешімдерінің сапасын жақсарту.

6. Өндіру инфрақұрылымының басқа элементтерінде ai/ML қолдана отырып, масштабталатын цифрлық экожүйе үшін база құру.

Кесте 1.

**ML жүйесін енгізуге дейінгі және енгізгеннен кейінгі
көрсеткіштерді салыстыру [2]**

Показатель	До ML -системы	После ML -системы	Изменение
Среднее энергопотребле- ние (кВт·ч)	3800	3344	–12.0 %
Отказы оборудования (ед./мес)	6.2	5.7	–8.1 %
Простой (часов/мес)	72	65	–9.7 %
МРП (дней)	120	138	+15.0 %

ML тәсілінің артықшылықтары

- Бейімделу: модель жаңа деректерді жинақтау кезінде қайта оқытылады;
- Болжау: оқиғадан 5-7 күн бұрын ақауларды болжау;
- SCADA интеграциясы: адамның қатысуынсыз автоматты түзету;
- Экономикалық тиімділік: электр қуатын үнемдеу және жөндеу шығындары арқылы жылдам өтеу.

Қоңыраулар мен шектеулер

- Бастапқы деректердің (соның ішінде мұрағаттық деректердің) жоғары сапасының қажеттілігі;
- Телеметрияны өңдеуге арналған есептеу ресурстарына қойылатын талаптар;
- Ұңғымаларды қашықтан басқару кезінде киберқауіпсіздікті қамтамасыз ету;
- ML платформасымен жұмыс істеу үшін қызметкерлерді оқыту қажеттілігі. [3]

УЭЦН басқаруды автоматтандыру үшін машиналық оқытуды қолдану бойынша тәжірибесі жоғары тиімділік пен масштабтау әлеуетін көрсетеді. Алынған нәтижелер мұнай өндіру процестеріне, әсіресе жабдықтың энергия тиімділігі мен сенімділігін арттыру мақсатында зияткерлік жүйелерді енгізудің орындылығын растайды.

Әдебиеттер тізімі:

1. Шевченко В.А., Громов С.Е. «Применение машинного обучения в нефтедобыче» // Нефтегазовая вертикаль, №3, 2023.
2. IEEE Access. "Machine Learning for Pump Optimization in Oil Wells", Vol. 10, 2022.
3. SPE-207432-MS. "AI-Driven ESP Performance Management: Case Study from Russian Oilfield", 2021.

1.2. КӨЛІК

ТЕМІРЖОЛ АВТОМАТИКАСЫ ЖӘНЕ ТЕЛЕМЕХАНИКА ЖҮЙЕЛЕРІН ЖОБАЛАУДЫҢ ПАЙДАЛАНУ НЕГІЗДЕРІ

Андаш Жасұлан Халжанұлы

студент,
Бәйішев атындағы университет,
ҚР, Ақтөбе

Баймағамбетов Бауыржан Тілекқабылұлы

студент,
Бәйішев атындағы университет,
ҚР, Ақтөбе

Шопанова Гүлжан Ережепқызы

ғылыми жетекшісі,
тәрбие ісі жөніндегі ассистент,
Бәйішев атындағы университет,
ҚР, Ақтөбе

Теміржол көлігі – әлемдегі ең маңызды көлік жүйелерінің бірі. Оның дамуы мен жұмыс істей бастауы теміржол автоматикасы мен телемеханикасын енгізуді қажет етеді. Автоматика мен телемеханика теміржол көлігінің қауіпсіздігін, тиімділігін және жылдамдығын арттыру мақсатында түрлі жүйелер мен құрылғыларды жобалау және енгізу үшін пайдаланылады. Бұл жүйелер теміржол көлігінің жұмысын бақылауға, бағыттауға және басқаруға мүмкіндік береді [1].

Қазақстанда теміржол автоматикасы және телемеханика саласындағы жаңа жобалар мен құрылғылар белсенді түрде енгізілуде. Міне, олардың кейбіреулері:

1. Астанада Солтүстік аймақ бойынша пойыздардың қозғалысын басқару орталығы ашылды. Осы жоба шеңберінде желілік-аппараттық залдарда байланыс жабдықтары жаңғыртылды, жылжымалы құрамды бақылау мен техникалық құжаттаманы жүргізудің автоматтандырылған жүйелері енгізілді. Пойыз жағдайын орталықтандырылған бақылау инновациялық технологиялардың арқасында автоматты режимде жүзеге асырылады.

2. Көрсеткілер мен сигналдарды орталықтандыруға арналған KZ-МПС-МА микропроцессорлық жүйесінің математикалық моделі әзірленді. Hіma қауіпсіз PLC базасында зертханалық басқару шкафын орнату бойынша іске қосу-реттеу жұмыстары аяқталды. Жүйенің бағдарламалық кодының техникалық құжаттамасы жасалды.

3. "Қандыағаш-Никельтау темір жол учаскесінде поездар қозғалысын аралық реттеу жүйесі" жобасы шеңберінде автоматика мен телемеханиканың микропроцессорлық жүйесінің құрылысы жүргізілуде. Жүйе пойыздардың қозғалысын автоматтандыруға және бақылауға арналған компоненттерді қамтиды.

4. "Орталық СОБ" компаниясы дабыл, орталықтандыру және бұғаттау (СОБ) құрылғыларын, сондай-ақ автоматика және телемеханика жүйелерін жобалаумен айналысады. Компанияны құрудың мақсаты Қазақстанда СОБ құрылғыларының заманауи жүйелерін инжиниринг пен әзірлеуді қамтамасыз ететін орталықты ұйымдастыру болып табылады.

5. "Орталық СОБ" компаниясы дабыл, орталықтандыру және бұғаттау (СОБ) құрылғыларын, сондай-ақ автоматика және телемеханика жүйелерін жобалаумен айналысады. Компанияны құрудың мақсаты Қазақстанда СОБ құрылғыларының заманауи жүйелерін инжиниринг пен әзірлеуді қамтамасыз ететін орталықты ұйымдастыру болып табылады.

6. "Нұрлы Жол" мемлекеттік бағдарламасы аясында қолданыстағы электрмен жабдықтау құрылғыларын, байланыс жүйелерін, теміржол автоматикасы мен телемеханиканы жаңғырту көзделген. Нысандардың физикалық және моральдық тозуының жоғары деңгейін ескере отырып, инфрақұрылымды жаңартудың шұғыл қажеттілігі бар.

7. Қазақстанда ЭССО-М осьтерін санау әдісімен жол учаскелерін бақылау жүйесі енгізілді. Бұл жүйе жолдың жай-күйін бақылауды қамтамасыз етеді және пойыз қозғалысының қауіпсіздігін арттырады.

8. Кәсіпорында "Мини Ком DX-500" цифрлық телекоммуникациялық жүйелері негізінде құрылған жедел-технологиялық байланыстың цифрлық жүйесі енгізілді. Жүйені құрудың модульдік принципі сыйымдылықты құрудың қарапайымдылығы мен үнемділігін қамтамасыз етеді.

Жоғарыда аталған екі сала, яғни автоматика және телемеханика, теміржол тасымалының барлық деңгейінде – локомотивтерді басқарудан бастап, жолдарды бақылау және сигнализация жүйелеріне дейін кеңінен қолданылады.

1. Теміржол автоматикасы және телемеханикасының мәні

Теміржол автоматикасы дегеніміз теміржол жүйелерінің жұмысын автоматты түрде басқаруға мүмкіндік беретін құрылғылар мен

жүйелердің жиынтығы. Олар жылжымалы құрамды басқару, жүру бағытын өзгерту, дабыл жүйелерін құру және қауіпсіздікті бақылау қызметтерін атқарады. Қазіргі уақытта бұл жүйелер электронды және компьютерлік технологиялармен жабдықталған, бұл теміржол көлігінің тиімділігін және қауіпсіздігін арттырады.

Телемеханика болса, қашықтан басқару және бақылау жүйелері мен техникалық құрылғыларының жиынтығы болып табылады. Ол негізінен сигнализация және байланыс жүйелерін пайдалана отырып, теміржолдың әртүрлі бөлімдері мен құрылғыларын басқаруға мүмкіндік береді. Телемеханикалық жүйелер арқылы станциялар, бағдаршамдар, сигналдар мен жолдың жағдайын қашықтан бақылауға болады.

2. Автоматика мен телемеханика жүйелерінің негізгі құрамдас бөліктері

Теміржол автоматикасы мен телемеханикасының тиімді жұмыс істеуі үшін жүйелердің бірнеше негізгі компоненттері қажет. Бұл жүйелердің жұмысын қамтамасыз ету үшін қолданылатын техникалық құралдар мен құрылғылар мыналар:

- Сигнализация жүйелері – теміржолдағы қозғалысты бақылауға және басқаруға арналған құрылғылар. Олар бағдаршамдар, жарық дабылдары және басқа да құрылғылар арқылы пойыздың қауіпсіз қозғалысын қамтамасыз етеді.
- Жолды басқару жүйелері – теміржолда пойыздың қозғалыс бағытын автоматты түрде басқаруға арналған құрылғылар. Олар бағыттаушы механизмдер мен қозғалыс бағытын өзгерту жүйелерін қамтиды [2].
- Қашықтан басқару жүйелері – телемеханика жүйелері арқылы жұмыс істейтін қашықтан басқарылатын құрылғылар. Бұл құрылғылар жолдың жағдайын бақылауға, сигналдарды реттеуге, пойыздардың қозғалыс жылдамдығын бақылауға мүмкіндік береді.
- Өлшеу және бақылау жүйелері – әртүрлі датчиктер мен өлшеу құралдары арқылы пойыздардың жылдамдығын, бағыттаушылардың күйін, жолдың техникалық жағдайын бақылайды.

3. Теміржол автоматикасы мен телемеханикасын жобалау негіздері

Теміржол автоматикасы және телемеханика жүйелерін жобалау кезінде бірнеше негізгі принциптер мен ережелерді сақтау қажет. Бұл жүйелердің тиімді жұмыс істеуі үшін келесі факторлар ескеріледі:

1. Қауіпсіздік: Жүйелердің бірінші міндеті – қауіпсіздікті қамтамасыз ету. Автоматика мен телемеханика құралдары авариялық жағдайларды болдырмауға және қауіпсіздік деңгейін жоғарылатуға бағытталған.

2. Сенімділік: Жүйелердің үздіксіз жұмыс істеуі үшін сенімділік маңызды болып табылады. Әрбір құрылғының жұмыс істемей қалу мүмкіндігін азайту үшін қосымша резервтік жүйелер мен бұзылуға қарсы қорғаныс шаралары қарастырылады.

3. Интеграция: Теміржол автоматикасы мен телемеханикасы бір-бірімен тығыз байланысты жүйелер болып табылады. Сондықтан оларды жобалау кезінде интеграция деңгейіне назар аудару керек.

4. Экономикалық тиімділік: Жүйелерді жобалау кезінде экономикалық аспектілер де маңызды рөл атқарады. Құрылғылардың бағасы мен оларды пайдалану шығындарын барынша азайту қажет.

5. Инновациялық технологиялар: Қазіргі таңда автоматиканы және телемеханиканы жобалауда заманауи цифрлық технологиялар, жасанды интеллект және «ақылды» жүйелер кеңінен қолданылуда. Бұл жаңа жүйелер көлік тасымалдарын тиімдірек әрі қауіпсіз етеді [3].

Теміржол автоматикасы мен телемеханика жүйелері әлемнің түрлі елдерінде сәтті қолданылуда. Мысалы, Германия мен Жапония сияқты елдерде автоматты басқару жүйелері өте дамыған, бұл жүйелердің тиімділігі мен қауіпсіздігі жоғары деңгейде.

Қазақстанда да осы жүйелердің дамуы маңызды бағыт ретінде қарастырылып, жаңа жобалар мен құрылғыларды енгізу кезеңдері басталды. Әсіресе, ірі қалалар арасындағы жоғары жылдамдықтағы теміржол желілері үшін автоматика мен телемеханиканың маңызы зор [4].

Теміржол автоматикасы және телемеханика жүйелері теміржол көлігін басқаруда маңызды рөл атқарады. Оларды жобалау кезінде қауіпсіздік, сенімділік, тиімділік және экономикалық аспектілерді ескеру қажет. Болашақта бұл жүйелердің жаңа технологиялармен толықтырылған түрлері теміржол саласын жаңа деңгейге көтеруге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі:

1. Айтмағамбетов Б.Т., Жанұзақов, С.Т. Теміржол көлігі және оның автоматизациясы. – Алматы: Қазақ университеті, 2012. – 218с.
2. Баринев Ю.П., Автоматизация и телемеханика на железных дорогах: учебник для вузов. – М: Издательство транспортного университета. 2015.
3. Рахматуллаев А.М., Құдайбергенов, Н. Қ. Теміржол автоматикасы және телемеханикасы: Теориясы мен тәжірибесі. – Астана: Техникалық университет баспасы, 2013. – 287 с.

4. Розов Г.Н., Шустиков, А.В. Железнодорожные системы автоматизации и управления движением. – М.: Транспорт, 2007. – 380 с.

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

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

№ 5 (85)
Июнь 2025 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 05.06.25. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 4,875. Тираж 550 экз.

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

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



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru