

УДК 622.276
МРНТИ 52.47.00

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108771>

Получена: 05.08.2024.

Одобрена: 05.09.2024.

Опубликована: 30.09.2024.

Оригинальное исследование

Автоматизированная методика расчёта основных производственных показателей разработки нефтяных месторождений в модели бизнес-планирования

А.Т. Жолдыбаева, А.Е. Ибраев

КазННТУ им. К. И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Необходимость прогнозирования прибыльности и окупаемости предприятия, а также регулирования разработки на ближайшие 5 лет обусловлена важностью обеспечения стабильного и эффективного функционирования нефтедобывающих компаний. Точные прогнозы способствуют более обоснованному планированию и принятию решений, что напрямую влияет на экономическую устойчивость и конкурентоспособность предприятия.

Цель. Цель данного исследования заключается в разработке инновационного подхода к автоматизации методики расчёта основных показателей разработки в модели бизнес-планирования.

Материалы и методы. В работе используются методы сбора и анализа производственных и геологических данных, эмпирические модели прогнозирования, а также методы статистического анализа для повышения точности и надёжности прогнозов. Данный подход задействует современные алгоритмы и технологии для обработки большого объёма данных, что позволяет формировать более точные и обоснованные прогнозы основных производственных показателей разработки месторождения.

Результаты. Данная методика может быть использована при составлении пятилетнего бизнес-плана и оценке его ожидаемого выполнения. Методика реализована в модуле «Планирование добычи и мониторинг» информационной системы АВАИ, который позволяет загружать данные из базы напрямую, автоматизировать процесс ежемесячного мониторинга показателей добычи с построением отчетов и их дальнейшей выгрузки.

Заключение. Предложенный метод автоматизированного планирования основных производственных показателей разработки повышает точность и эффективность прогнозирования, улучшая качество планирования и оценки выполнения бизнес-плана, что способствует более обоснованному и стратегически выверенному управлению нефтедобывающими процессами. Автоматизация процессов планирования сокращает трудозатраты, традиционно связанные с ручным анализом и расчётами, освобождая ресурсы для более стратегического использования. Это позволяет быстро реагировать на изменения в условиях добычи и оперативно вносить корректировки в планы. В результате управленцы получают возможность более эффективно распределять ресурсы, минимизировать риски и повышать общую продуктивность нефтедобывающих операций.

Ключевые слова: планирование, разработка нефтяных месторождений, аналитическая модель, статистика, комплексный подход, автоматизация.

Как цитировать:

Жолдыбаева А.Т., Ибраев А.Е. Автоматизированная методика расчёта основных производственных показателей разработки нефтяных месторождений в модели бизнес-планирования // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2024. Том 6, №3. С. 72–81. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108771>.

UDC 622.276
CSCSTI 52.47.00

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108771>

Received: 05.08.2024.

Accepted: 05.09.2024.

Published: 30.09.2024.

Original article

Automated methodology for calculating key production indicators of oil field development for business planning model

Assel T. Zholdybayeva, Aktan Ye. Ibrayev

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

ABSTRACT

Background: In order to secure the stable and efficient operations of oil-producing companies, it is essential to forecast the profitability and ROI of the enterprise, as well as to regulate development for the next 5 years. Accurate forecasts facilitate more informed planning and decision-making, directly influencing the economic sustainability and competitiveness of the enterprise.

Aim: The purpose of this study is to develop an innovative approach to automate the methodology for calculating key development indicators in a business planning model.

Materials and methods: The study utilizes methods for collecting and analyzing production and geological data, empirical forecasting models, and statistical analysis techniques to enhance the accuracy and reliability of forecasts. This approach employs modern algorithms and technologies to process large volumes of data, which allows for more accurate and reasonable forecasts of key production indicators of the field development.

Results: This methodology can be applied to forecast a five-year business plan and evaluate its expected implementation. It is integrated into the 'Production planning and monitoring' of the ABAI information system, which allows direct data export from the database, automates the monthly monitoring of production indicators, and generate reports for further export.

Conclusion: The proposed method for automated planning of key production indicators of the development enhances the accuracy and efficiency of forecasting, thereby improving the quality of planning and evaluating the implementation of the business plan. This contributes to more informed and strategically validated management of oil production processes. Automation of planning processes reduces the labor costs traditionally associated with manual analysis and calculations, freeing up resources for more strategic purposes. This enables rapid responses to changes in production conditions and prompt adjustments of plans. As a result, managers can allocate resources more efficiently, minimize risks, and increase the overall productivity of oil production operations.

Keywords: *planning; oil field development; analytical model; statistics; integrated approach; automation.*

To cite this article:

Zholdybayeva AT, Ibrayev AY. Automated methodology for calculating the main production indicators of oil field development for the business planning model. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2024; 6(3):72–81. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108771>.

ӨОЖ 622.276
ГТАХР 52.47.00

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108771>

Қабылданды: 05.08.2024.

Мақұлданды: 05.09.2024.

Жарияланды: 30.09.2024.

Түпнұсқа зерттеу

Бизнес-жоспарлау моделінде мұнай кен орындарын игерудің негізгі өндірістік көрсеткіштерін есептеудің автоматтандырылған әдістемесі

Ө.Т. Жолдыбаева, А.Е. Ибраев

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, Алматы қаласы, Қазақстан

АННОТАЦИЯ

Негіздеу. Кәсіпорынның кірістілігі мен өтелімділігін болжау, сондай-ақ алдағы 5 жылға арналған дамуды реттеу қажеттілігі мұнай өндіруші компаниялардың тұрақты және тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етудің маңыздылығына байланысты. Нақты болжамдар кәсіпорынның экономикалық тұрақтылығы мен бәсекеге қабілеттілігіне тікелей әсер ететін неғұрлым негізделген жоспарлау мен шешім қабылдауға ықпал етеді.

Мақсаты. Бұл зерттеудің мақсаты бизнес-жоспарлау моделіндегі дамудың негізгі көрсеткіштерін есептеу әдістемесін автоматтандыруға инновациялық тәсілді әзірлеу болып табылады.

Материалдар мен әдістер. Жұмыста өндірістік және геологиялық деректерді жинау және талдау әдістері, болжаудың эмпирикалық модельдері және болжамдардың дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін статистикалық талдау әдістері қолданылады. Бұл тәсіл деректердің үлкен көлемін өңдеу үшін заманауи алгоритмдер мен технологияларды қолданады, бұл кен орнын игерудің негізгі өндірістік көрсеткіштерінің дәлірек және негізделген болжамдарын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Нәтижелері. Бұл әдістеме бес жылдық бизнес-жоспар құруда және оның күтілетін орындалуын бағалауда қолданылуы мүмкін. Әдістеме АВАІ ақпараттық жүйесінің "Өндіруді жоспарлау және мониторинг" модулінде іске асырылды, ол дерекқордан деректерді тікелей жүктеуге, есептерді құрумен және оларды одан әрі түсірумен өндіру көрсеткіштерінің ай сайынғы мониторингі процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Әзірлеудің негізгі өндірістік көрсеткіштерін автоматтандырылған жоспарлау әдісі болжаудың дәлдігі мен тиімділігін арттырады, бизнес-жоспардың орындалуын жоспарлау мен бағалаудың сапасын жақсартады, бұл мұнай өндіру процесстерін неғұрлым негізделген және стратегиялық тұрғыдан тексерілген басқаруға ықпал етеді. Жоспарлау процесстерін автоматтандыру дәстүрлі түрде қолмен талдау мен есептеулермен байланысты еңбек шығындарын азайтады, ресурстарды стратегиялық пайдалану үшін босатады. Бұл өндіріс жағдайындағы өзгерістерге тез жауап беруге және жоспарларға жедел түзетулер енгізуге мүмкіндік береді. Нәтижесінде менеджерлер ресурстарды тиімдірек бөлуге, тәуекелдерді азайтуға және мұнай өндіру операцияларының жалпы өнімділігін арттыруға мүмкіндік алады.

Негізгі сөздер: мұнай кен орындарын жоспарлау, игеру, аналитикалық модель, статистика, кешенді тәсіл, автоматтандыру.

Дәйексөз келтіру үшін:

Жолдыбаева Ө.Т., Ибраев А.Е. Бизнес-жоспарлау моделінде мұнай кен орындарын игерудің негізгі өндірістік көрсеткіштерін есептеудің автоматтандырылған әдістемесі // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2024. 6 том, №3. 72–81 б. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108771>.

Введение

Нефтяная отрасль, как и любой другой бизнес, в первую очередь сосредоточена на извлечении прибыли, что является основным аспектом при разработке нефтяных месторождений. Одной из главных задач инженера-нефтяника является прогнозирование объёмов нефти и газа, которые можно извлечь из резервуара. Правильный выбор методологии критичен для обеспечения прогноза с минимальной погрешностью, что, в свою очередь, существенно для эффективного управленческого планирования. Важно минимизировать риски при принятии решений, учитывая текущее состояние разработки. Экстраполяция истории добычи давно признана практичным и обоснованным методом прогнозирования добычи нефти и газа.

Существуют разнообразные методы: от широко применяемого анализа кривых падения (*англ.* Decline Curve Analysis, далее – DCA) до метода цифрового моделирования с использованием специализированного программного обеспечения [1]. Однако применение цифровых 3D геолого-гидродинамических моделей не всегда является возможным при прогнозировании добычи нефти на месторождении. Это связано с отсутствием необходимой информации, самих цифровых моделей, а также трудоемким процессом [2]. Еще одним важным фактором при прогнозировании основных показателей разработки является цель составляемого прогноза. Таким образом, в данной статье описан подход к автоматизированному планированию основных производственных показателей разработки при бизнес-планировании на нефтедобывающем предприятии.

В 1944–45 гг. в статьях Арпса были опубликованы материалы, содержащие несколько выдающихся уравнений, которые практически не изменились и до сих пор известны как уравнения Арпса [3]. Арпс классифицировал кривые падения на экспоненциальные, гиперболические и гармонические. Данная методика основана на эмпирических функциях, которые формируются согласно исторической статистике показателей разработки с использованием кривых падения, в т.ч. и уравнения Арпса. К ним относятся такие характеристики вытеснения, как логарифм водонефтяного фактора, экспоненциальный, логарифмический и степенной тренды снижения. Применение подобного подхода рекомендуется при значительной продолжительности прогнозного периода для набора статистических данных.

По изложенным причинам для формирования средне- и долгосрочных прогнозов разработки месторождений для бизнес-плана необходимо использовать физически более содержательные модели.

Автоматизированная методика

В области управления нефтяными компаниями прогнозирование показателей добычи имеет ключевое значение для оптимизации разработки месторождений и повышения экономических результатов. Традиционные методы расчёта основных производственных показателей разработки являются сложным процессом для инженеров-нефтяников.

В данной статье представлена автоматизированная методика, разработанная для решения вышеуказанных задач путём интеграции комплексных расчётов объёмов добычи нефти, добычи жидкости и закачки воды.

Предложенный метод использует аналитические модели и кривые вытеснения для создания надёжной основы для оценки ожидаемых показателей добычи на месторождении. Метод включает возможность выбора статистических моделей, что повышает его адаптивность к различным операционным условиям. Кроме того, метод оценивает действующий фонд скважин и коэффициент эксплуатации, предоставляя подробный учёт ввода и выбытия скважин из месяца в месяц. Столь детализированный подход позволяет точно прогнозировать ожидаемую добычу на пятилетний период.

Для учёта уникальных условий нефтяных месторождений данный способ позволяет использовать различные комбинации моделей и методов. Например, при наличии действующего фонда скважин менее 30 ед. или переходного фонда менее 50% от действующего фонда применяются альтернативные методы расчёта добычи нефти и жидкости. Такая гибкость необходима, т.к. традиционные методы определения процента падения могут быть ненадежными из-за недостаточной статистической выборки в подобных случаях. Более того, если темп роста обводнённости превышает 5% в год, вносятся корректировки для учёта продвижения фронта воды или других механизмов добычи, таких как, например, трещиноватые пласты.

В данном исследовании представлена комплексная методология расчёта ключевых показателей добычи при разработке нефтяных месторождений. Метод позволяет вести раздельный анализ и расчёт как базовой добычи, так и дополнительной, связанной с геологическими мероприятиями (далее – ГТМ).

Базовая добыча оценивается на основе начального потенциального дебита, учитывая такие параметры, как календарные дни, коэффициенты эксплуатации, средний фонд скважин, средний удельный дебит и добыча от ГТМ. Расчёты дебитов жидкости и нефти основаны на статистических зависимостях и функциях исторической добычи, что обес-

печивает надёжную основу для точного прогнозирования.

Средние удельные дебиты жидкости и нефти базового фонда подтягиваются из созданных форм записей, после чего рассчитываются экспоненциальный, логарифмический и степенной тренды. Под графиками каждого тренда отображаются коэффициенты функции зависимости, среди которых выбирается тип зависимости, наиболее точно описывающий поведение тренда дебита жидкости и нефти.

Годовое падение (DEC) по каждой функции определяется по следующим формулам (1–3):

1) Экспоненциальная функция (1):

$$DEC_y^e = 1 - \exp(a * 12) \quad (1)$$

2) Логарифмическая функция (2):

$$DEC_y^l = (a * \ln(13))/q_j \quad (2)$$

3) Степенная функция (3):

$$DEC_y^p = 1 - 13^a \quad (3)$$

где a – коэффициент падения; y – индекс годового падения; e – индекс экспоненциального падения; l – индекс логарифмического падения; p – индекс степенного падения; q_j – дебит перед началом расчета.

Для прогноза дебита нефти за счёт обводнённости требуется учесть фактическое изменение дебита жидкости. В связи с этим рекомендуется выбрать зависимость, у которой наибольшая величина достоверности аппроксимации R^2 .

Падение по обводнённости DEC_{wc} определяется по следующей формуле (4):

$$DEC_{wc} = \frac{DEC_o - DEC_L}{1 - DEC_L} \quad (4)$$

где DEC_o – падение по нефти; DEC_L – падение по жидкости.

Используя значение падения по обводнённости, обратным счётом вычисляется коэффициент a , который используется для расчёта добычи нефти на прогнозный период в формулах (1–3).

Для прогноза дебита жидкости в случае, если на планируемый год не прогнозируется снижение пластового давления по месторождению, прогнозное падение по жидкости DEC_L будет равно нулю.

Если фонд скважин более 30 ед. и текущая обводнённость более 70%, то для анализа допускается применение зависимости водонефтяного фактора $lg(BH\Phi)$ от накопленной добычи (5) [4]:

$$lg(BH\Phi)_n = a * Np_{n-1} + b_{lg(BH\Phi)_0} \quad (5)$$

где n – индекс для текущего периода; Np_{n-1} – накопленная добыча нефти в предыдущем периоде; $b_{lg(BH\Phi)_0}$ – экстраполированное значение $lg(BH\Phi)$ в начальный момент времени.

На рис. 1 представлен пример зависимости логарифма водонефтяного фактора от накопленной добычи нефти.

При этом в ходе расчёта учитываются динамика фонда скважин, потери базовой добычи от выбытия, динамика прогнозного коэффициента эксплуатации и расчёт закачки.

Закачка определяется по заданному уровню компенсации с учётом переводного коэффициента и удельного веса добываемой воды.

Коэффициент эксплуатации $K_{экспл}$ – отношение суммарного времени работы скважин $T_{отр}$ к суммарному календарному времени среднедействующего фонда $T_{кал}$ (6):

$$K_{экспл} = \frac{T_{отр}}{T_{кал}} \quad (6)$$

Суммарное отработанное время скважин $T_{отр}$ вычисляется по формуле (7):

$$T_{отр} = T_{кал} - T_{прос} \quad (7)$$

где $T_{прос}$ – суммарное время простоя скважин, сут.

Простои скважин определяются с учётом запланированного межремонтного периода и норм времени на ремонт, количества ГТМ и соответствующих им норм времени, запланированных исследований, таких как гидродинамические и геофизические исследования скважин, а также статистики отключений электроэнергии и порывов выкидных линий. Кроме того, учитывается время на бурение и освоение, например, при зарезке боковых стволов.

Расчёт дополнительной добычи от ввода новых скважин производится отдельно для каждой группы скважин, которые были введены в эксплуатацию в конкретном месяце. Важно учитывать, что каждая группа скважин может иметь свои уникальные характеристики и условия эксплуатации, что влияет на общий объём добычи. Таким образом, процесс расчёта включает в себя детальный анализ данных и оценку потенциального прироста добычи для каждой группы, что позволяет получить более точные прогнозы.

Основные расчёты прогнозной дополнительной добычи от указанного ГТМ проводятся с учётом количества запланированных мероприятий на прогнозируемый период, количества дней работы скважин после выполнения ГТМ

в первый месяц, а также пускового прироста нефти и жидкости. Эти факторы также влияют на точность прогноза и позволяют корректно оценить эффективность проведенных мероприятий, что в свою очередь способствует оптимизации производственных процессов и повышению общей добычи.

Таким образом, для определения темпов падения по видам ГТМ требуется провести статистический анализ данных дополнительной добычи от проведенных ГТМ. Основные расчёты прогнозной дополнительной добычи от указанного ГТМ выполняются по двум основным параметрам:

1) по расчётному изменению прироста нефти в течение 12 мес. после пуска. Для определения фактического прироста нефти $K_{i,неф}$ выбирается по одному виду ГТМ (например, гидроразрыв пласта (далее – ГРП)), анализируются все скважины, на которых проведен ГРП за последние 24 мес., отработавшие подряд не менее 12 мес. после пуска с ГТМ (8). Затем суммарные дебиты за 12 мес. приводятся к одному месяцу пуска:

$$K_{i,неф} = \frac{\sum_{i=1}^{12} q_{i,неф}}{\sum q_{1,неф}} \quad (8)$$

где $q_{i,неф}$ – прирост нефти за анализируемый i -й месяц; $q_{1,неф}$ – сумма приростов нефти за 1 мес. пуска;

2) по расчётному изменению прироста жидкости в течение 12 мес. после пуска. Фактические приросты жидкости рассчитываются аналогичным образом:

$$K_{i,жид} = \frac{\sum_{i=1}^{12} q_{i,жид}}{\sum q_{1,жид}} \quad (9)$$

где $q_{i,жид}$ – прирост жидкости за анализируемый i -й месяц; $q_{1,жид}$ – сумма приростов жидкости за 1 мес. пуска.

Разработанная методология предлагает упрощённый способ оценки других ГТМ, используя схему, которая оптимально сочетает точность и эффективность. Это позволяет разделить прогнозируемую добычу нефти на базовую и дополнительную, что способствует более информированному бизнес-планированию и принятию решений в разработке нефтяных месторождений. Особое внимание уделяется новым скважинам, пробуренным в ходе разработки, для которых проводятся детализированные расчёты, чтобы точно определить показатели проектных добывающих и нагнетательных скважин. Остальные ГТМ оцениваются с использованием упрощенной методики.

Основные ГТМ, проводимые с целью получения дополнительной добычи на месторождениях, следующие:

- горизонтальные скважины;
- зарезка бокового ствола (вертикальные / наклонно-направленные);
- боковой ствол с горизонтальным окончанием;
- скважины с углублением (добуриванием) до существующих эксплуатационных объектов;
- ГРП (проппантный / кислотный);
- ввод из бездействия;
- ввод скважин из прочих категорий;
- переходы на выше- / нижележащие горизонты;
- интенсификация добычи нефти (далее – ИДН);
- ремонтно-изоляционные работы;
- реперфорация, приобщение и дострел;
- обработки призабойной зоны (далее – ОПЗ);
- ловильно-аварийные работы.

В рамках данной методики прирост не закладывается на прогноз от мероприятий, проводимых для поддержания базовой добычи нефти. Экономический эффект от мероприятий, проводимых для поддержания базовой добычи нефти, считается на основе недобора объёмов добычи нефти в случае отказа от проведения рассматриваемых ГТМ. В случаях одновременного применения на скважине нескольких ГТМ присваивание вида мероприятия скважине осуществляется согласно табл. 1.

Существует множество методов оценки прогнозных параметров, как было указано выше, однако даже самый простой 1D анализ требует значительных затрат времени и усилий. В связи с этим многие компании разрабатывают проекты по автоматизации процессов и расчётов, чтобы упростить выполнение сложных задач, таких как оценка показателя падения добычи. Это позволяет значительно сэкономить время и ресурсы, улучшая при этом точность и эффективность прогнозов.

Настоящая методика включает возможность использования информационных систем, в частности, была применена в модуле «Планирование добычи и мониторинг» (далее – модуль) информационной системы АВАИ для подготовки исходных данных, мониторинга выполнения бизнес-плана, а также для расчёта ожидаемой добычи (рис. 2). Модуль автоматизирует множество процессов, связанных с анализом и обработкой данных, что позволяет получать более точные и обоснованные прогнозы, а также оптимизировать процессы планирования и управления ресурсами.

В дочерних и зависимых организациях АО НК «КазМунайГаз» (далее – ДЗО) расчёты уровней добычи для бизнес-плана выполняются в табличных файлах, для которых большинство

параметров необходимо вводить вручную. В то же время многие аналитические уравнения могут быть изменены без уведомления для других пользователей. Ежемесячное обновление данных файлов требует затрат времени на расчёты вспомогательных параметров и перенос данных между файлами. Эти факторы в совокупности могут привести к ошибкам при расчётах и усложнению бизнес-процессов. В связи этим была начата разработка специализированного программного инструмента на основе BigData.

В модуле был разработан специализированный программный сервис на языке Python. Основной целью данного сервиса является обеспечение комплексной автоматизации и интеграции процессов обработки данных, а также внедрение системы контроля версий для повышения точности и прозрачности расчётов при бизнес-планировании.

Язык Python выбран для разработки данного сервиса благодаря его мощным возможностям и широкому набору библиотек, предназначенных для работы с данными. Python предоставляет гибкость и удобство, необходимые для создания сложных и масштабируемых решений в области обработки данных и автоматизации. С его помощью возможно построение надёжных и эффективных алгоритмов для интеграции программ и обеспечения контроля версий.

Первым этапом разработки является импорт и интеграция существующих программ и данных, связанных с ГТМ и бурением, а также расчётов базовой добычи. Эта опция позволит объединить ранее разработанные инструменты и алгоритмы в единое программное окружение, обеспечивая консолидацию данных и упрощение их дальнейшего использования. Таким образом, данные, полученные из различных источников, будут централизованы и доступны для последующего анализа и интерпретации.

Важнейшей составляющей сервиса является система контроля версий, которая будет применяться к расчётам бизнес-плана и производственной программы. Введение системы версионности предполагает создание механизма для отслеживания, документирования и управления изменениями в расчётах. Это обеспечит высокий уровень прозрачности в управлении данными и позволит эффективно отслеживать изменения в расчётах, а также возвращаться к ранее сохранённым версиям при необходимости. Такая система способствует минимизации рисков, связанных с ошибками в планировании, и повышению общей надёжности расчётных процессов.

Сервис позволяет производить расчёты на различных уровнях структуры, начиная

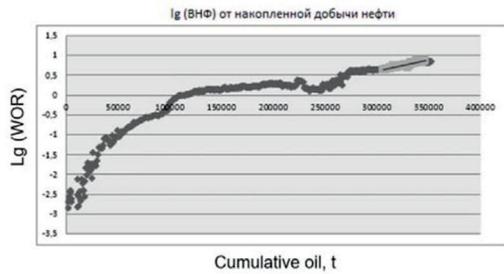


Рисунок 1. Зависимость водонефтяного фактора от накопленной добычи нефти
Figure 1. Dependence of the water-oil ratio on accumulated oil production

Таблица 1. Рейтинг видов ГТМ
Table 1. Rating of workover types

Рейтинг Rating	Вид мероприятия Activity type
1	Ввод новых добывающих скважин Commissioning of new producing wells
2	Зарезка боковых стволов Sidetracking
3	Углубление Well deepening
4	ГРП Workover
5	Перевод на другой горизонт Recompletion
6	Ловильные работы / Устранение негерметичности эксплуатационной колонны Fishing operations / Casing leak repair
7	СКО Selective Acid Job
8	Ремонтно-изоляционные работы Squeeze cementing
9	Реперфорации, дострелы, приобщения Repunching, geperforating, commingling
10	Изменение способа эксплуатации Changing the method of operation
11	Пароциклические обработки Huff-and-puff treatment
12	Прочие ОПЗ Other bottom-hole treatment
13	Прочие работы по капитальному ремонту скважин Other workover activities

с отдельных геологических объектов и заканчивая планированием на уровне нефтедобывающих организаций. Интеграция с базой данных АВАИ позволяет актуализировать расчёты на регулярной основе. Совместный доступ к результатам расчётов повышает скорость принятия решений при планировании производственных программ.

Архитектура сервиса разработана с учётом требований масштабируемости, надёжности и гибкости. Основные компоненты архитектуры включают:

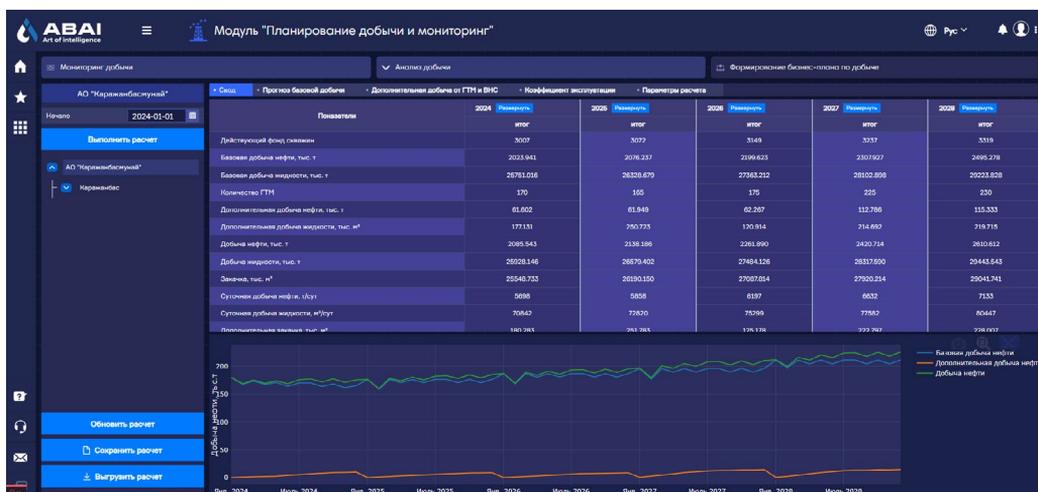


Рисунок 2. Реализация методики в информационной системе ABAI
Figure 2. Realization of the methodology in the ABAI information system

1. Модуль интеграции данных. Этот компонент отвечает за импорт и консолидацию данных из различных источников, включая программы ГТМ, бурения и расчёты базовой добычи. Модуль реализован с использованием библиотек Python для работы с данными, таких как Pandas и NumPy, что обеспечивает эффективное преобразование и синхронизацию данных.

2. Модуль управления версиями. Модуль включает функционал для создания, хранения и восстановления различных версий расчётов.

3. Аналитический модуль. Включает инструменты и алгоритмы для анализа и обработки данных, а также для генерации отчетов и визуализаций. Этот компонент будет использовать библиотеки для визуализации данных, а также аналитические инструменты для обработки больших объемов данных.

4. Интерфейс пользователя. Обеспечит удобный доступ к функционалу сервиса.

5. Система хранения данных. Используется реляционная база данных PostgreSQL, которая будет обеспечивать надёжное сохранение информации и быструю доступность данных для анализа и обработки.

Таким образом, модуль интеграции данных берёт на себя функции агрегации параметров из множества источников в едином сервисе. Автоматизация и цифровизация процессов приносит множество преимуществ:

- снижение влияния человеческого фактора и, как следствие, увеличение надёжности и точности обработки данных;

- ускорение обработки данных: цифровизация позволяет значительно сократить время на сбор, обработку и анализ данных, что ускоряет принятие решений и реагирование на изменения в условиях добычи;

- повышение эффективности: автоматизированные системы позволяют оптимизировать процессы, сократить избыточные действия и ресурсы, что ведёт к более эффективному использованию времени и средств;

- улучшение прозрачности: цифровизация процессов и централизованное хранение данных обеспечивают лёгкий доступ к информации и полную прозрачность, что упрощает контроль и аудит;

- анализ больших объемов данных: современные инструменты позволяют анализировать большие объёмы данных, выявлять закономерности и тренды, которые могли бы быть упущены при ручной обработке;

- масштабируемость: цифровые решения легко адаптируются к растущим объёмам данных и расширяющимся требованиям, что позволяет системе расти вместе с бизнесом;

- интеграция с другими системами: автоматизация и цифровизация позволяют интегрировать данные и процессы с другими системами и платформами, что улучшает взаимосвязь и координацию различных функциональных областей;

- устойчивость к сбоям: автоматизированные системы обеспечивают высокую степень устойчивости к сбоям и потерям данных благодаря встроенным механизмам резервного копирования и восстановления.

Эти преимущества способствуют значительному улучшению качества планирования, более быстрому реагированию на изменения и общему повышению конкурентоспособности компании. Все функции доступны для пользователей с любого рабочего компьютера через веб-приложение.

Таким образом, настоящий автоматизированный подход представляет собой

значительный шаг вперед в прогнозировании добычи, предлагая комплексную, адаптируемую и детализированную методологию для эффективной разработки и управления нефтяными месторождениями. Кроме того, автоматизация расчётов существенно экономит время, позволяя быстро адаптировать прогнозы к изменяющимся условиям и оперативно принимать обоснованные решения.

Заключение

Данная методика применяется в ДЗО для создания пятилетнего бизнес-плана и последующего анализа его исполнения. Методика включает расчёт:

- базовой добычи нефти и жидкости;
- добычи нефти и жидкости по видам ГТМ;
- прогнозного показателя коэффициента эксплуатации.

Методика реализована в модуле «Планирование добычи и мониторинг» информационной системы АВАИ с помощью спе-

циализированного программного сервиса на языке Python. Основные компоненты сервиса включают модуль интеграции данных, модуль управления версиями, аналитический модуль и удобный веб-интерфейс. Архитектура сервиса разработана с учётом масштабируемости и гибкости, что позволяет эффективно выполнять расчёты на различных уровнях и принимать оперативные решения при планировании производственных программ. Система хранения данных на базе PostgreSQL обеспечивает надежное и быстрое управление информацией. Использование библиотек, таких как Pandas и NumPy, предоставляет гибкость и надежность в интеграции и анализе данных. Разработан документ, описывающий основные алгоритмы методики и терминологию, связанную с процессом расчёта добычи в рамках бизнес-планирования.

Система контроля обеспечивает прозрачность и управляемость расчётов, минимизируя ошибки и повышая надежность процессов планирования.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Жолдыбаева А.Т. – формирование методики, сбор материалов и написание статьи; Ибраев А.Е. – сбор, обработка и анализ дан-

ных для программирования и автоматизации методики, написание статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The greatest contribution is distributed as follows: Assel T. Zholdybayeva – development of the methodology, material collection and article writing; Aktan Ye. Ibrayev – data collection, processing and analysis for programming and automating the methodology, and article writing.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Makinde F.A., Orodu O.D., Ladipo A.O., Anawe P.A.L.* Cumulative Production Forecast of An Oil Well Using Simplified "Hyperbolic-Exponential" Decline Models // Global Journal of researches in engineering General engineering. 2012. Vol. 12, Issue 2. P. 24–38.

2. *Mesdour R., Almalki F., Qarni M., et al.* Comparison of Analytical Model Versus Numerical Model in Estimating EUR of Well Drilled and Completed in Unconventional Source Rock // Middle East Oil, Gas and Geosciences Show; Feb 19–21, 2023; Manama, Bahrain. Доступ по ссылке: <https://onepetro.org/SPEMEOS/proceedings-abstract/23MEOS/1-23MEOS/D011S017R002/517193>.

3. *Arps J.J.* Analysis of Decline Curves // Trans. 1945. Vol. 160, Issue 1. P. 228–247. doi: 10.2118/945228-G.

4. *Wolcott D.* Applied Waterflood Field Development. Energy Tribune Publishing Incorporated, 2009.

REFERENCES

1. Makinde FA, Orodu OD, Ladipo AO, Anawe PAL. Cumulative Production Forecast of An Oil Well Using Simplified “Hyperbolic-Exponential” Decline Models. *Global Journal of researches in engineering General engineering*. 2012;12(2):24–38.
2. Mesdour R, Almalki F, Qarni M, et al. Comparison of Analytical Model Versus Numerical Model in Estimating EUR of Well Drilled and Completed in Unconventional Source Rock. Middle East Oil, Gas and Geosciences Show; Feb 19–21, 2023; Manama, Bahrain. Available from: <https://onepetro.org/SPEMEOS/proceedings-abstract/23MEOS/1-23MEOS/D011S017R002/517193>.
3. Arps JJ. Analysis of Decline Curves. *Trans.* 1945;160(1):228–247. doi: 10.2118/945228-G.
4. Wolcott D. *Applied Waterflood Field Development*. Energy Tribune Publishing Incorporated; 2009.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Жолдыбаева Асель Талгатовна

ORCID [0000-0002-1015-0593](https://orcid.org/0000-0002-1015-0593)

e-mail: assel.zholdybayeva@stud.satbayev.university.

Ибраев Актан Ермакович

ORCID [0009-0005-1731-7092](https://orcid.org/0009-0005-1731-7092)

e-mail: ibrayev.a@su.edu.kz.

AUTHORS' INFO

*Assel T. Zholdybayeva

ORCID [0000-0002-1015-0593](https://orcid.org/0000-0002-1015-0593)

e-mail: assel.zholdybayeva@stud.satbayev.university.

Aktan Ye. Ibrayev

ORCID [0009-0005-1731-7092](https://orcid.org/0009-0005-1731-7092)

e-mail: ibrayev.a@su.edu.kz.

*Автор, ответственный за переписку/Corresponding Author