

DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-4-39-49

УДК 622.276.1/.4

Е.П. Трофимова, С.Б. Лучинин, Е.М. Валеев, А.А. Южанина (АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Российская Федерация)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПОДГОТОВКИ СКВАЖИННОЙ ПРОДУКЦИИ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В ПЕРИОД ПРОБНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Elizaveta P. Trofimova, Stanislav B. Luchinin, Evgeniy M. Valeev,
Anna A. Yuzhanina (TomskNIPIneft SC, Tomsk, Russian Federation)

FEASIBILITY STUDY OF APPLICATION OF FLOWSTREAM TREATMENT MOBILE INSTALLATIONS AT OIL FIELDS DURING TEST OPERATION

Введение

В настоящее время существует тенденция к развитию перспективных решений в области применения мобильных установок. Одним из основных преимуществ мобильных установок является возможность освоения месторождений на ранних стадиях, что позволит повысить экономическую эффективность проекта до ввода в эксплуатацию основных производственных мощностей. Особенно это актуально для слабо изученных новых месторождений, что связано с неопределенностью количества геологических и извлекаемых запасов, изменением профилей добычи.

В статье оцениваются перспективы применения мобильных установок при обустройстве нефтяных месторождений в период пробной эксплуатации в сравнении с применением установок в капитальном исполнении.

Background

Currently, there are trends towards the development of promising solutions in the field of mobile installations. One of the main advantages of mobile plants is the possibility of developing deposits in the early stages, which will increase the economic efficiency of the project, before putting into operation the main production facilities. This is especially true for poorly studied new deposits due to the uncertainty in the number of geological and recoverable reserves, and a change in production profiles.

The article assesses the prospects for the use of mobile units for the development of oil fields during the trial operation, in comparison with the use of units in capital execution.

Цели и задачи

Целью работы является технико-экономическое обоснование применения мобильных установок при обустройстве нефтяных месторождений на этапе пробной эксплуатации.

Результаты

По результатам технико-экономического обоснования применения мобильных установок на период пробной эксплуатации месторождений выявлен положительный экономический эффект, связанный с ускорением запуска месторождения, по сравнению с применением установок в капитальном исполнении.

Aims and Objectives

The aim of the article is a feasibility study on the use of mobile units for the development of oil fields, at the trial operation stage.

Results

According to the results of the feasibility study on the use of mobile units for the period of trial operation of the fields, a positive economic effect was revealed, provided that the launch of the field was accelerated, in comparison with the use of installations in the capital version.

Ключевые слова: мобильные (модульные) установки; обустройство наземной инфраструктуры; сравнительный анализ; технико-экономическое обоснование

Key words: mobile (modular) plants; facilities terrestrial infrastructure; comparative research; feasibility study

Введение

В настоящее время значительно усложняются условия для развития нефтегазовой промышленности. Подавляющая часть открываемых месторождений и залежей нефти характеризуются сложным физико-химическим составом добываемой продукции и ростом доли трудноизвлекаемых запасов углеводородов.

С целью уменьшения рисков срыва сроков ввода в эксплуатацию объектов, а также повышения эффективности освоения месторождений требуется новый подход к обустройству месторождений.

Существующие на сегодняшний день принципы проектирования позволяют рассматривать различные решения по обустройству наземной инфраструктуры месторождений. Основные варианты представлены на рисунке 1.

Капитальное строительство на основе материалов и оборудования, описанное в первом варианте, характеризуется заказом оборудования и фасонных деталей отдель-

ными позициями, монтаж обвязки предусматривается на площадке строительства, а сооружения имеют прочную связь с землей, и их перемещение не предусмотрено без демонтажа конструкций.

Сборные строительномонтажные конструкции (вариант 2) - конструкции, собираемые (монтируемые) из готовых элементов, не требующих дополнительной обработки (обрезки, подгонки и пр.) на месте строительства. Элементы строительных конструкций изготавливают из различных материалов (сталь, бетон, железобетон, дерево, асбестоцемент, алюминиевые сплавы, пластмассы и др.) на специализированных заводах строительной индустрии или строительных полигонах. Данные конструкции обеспечивают удобство выполнения и ускорение строительномонтажных работ (за счет снижения работ на площадке). При этом возрастает стоимость оборудования и материалов, возникает сложность организации строительного контроля за производителем конструкций и узлов.



Рисунок 1. Существующие решения обустройства наземной инфраструктуры месторождения

Блочное строительство с модульными сооружениями основывается на блочных устройствах и технологических модулях.

Блочное устройство является обобщённым понятием, включающим блоки, блок-контейнеры, боксы, блок-боксы и суперблоки максимальной заводской готовности.

Технологический модуль - единица технологического объекта, состоящая из основного и вспомогательного оборудования, комплектуемого в заводских условиях, предназначенная для реализации одного или нескольких технологических процессов.

В настоящее время в крупных нефтяных компаниях [1, 2], прослеживается тенденция к развитию перспективных решений в области использования блочного строительства с применением мобильных установок (МБУ) (рисунок 1, вариант 4) [3].

Интерес к мобильным установкам обусловлен рядом их *преимуществ*.

1. Снижение сроков ввода месторождения в эксплуатацию и ускорение получения товарной продукции за счёт:

- максимальной заводской готовности транспортабельных блоков, оперативной до-

ставки и монтажа в условиях отсутствия инфраструктуры;

- возможности оперативного увеличения производительности установки при изменении уровня добычи.

2. Минимизация рисков нецелесообразных затрат на капитальные объекты обустройства за счёт:

- ускорения поочередного ввода оборудования по мере его фактической необходимости с расширением установки ранней добычи до модульной установки подготовки нефти;

- возможности локального расширения унифицированных и взаимозаменяемых технологических линий однотипными блоками при изменении условий добычи, транспорта и подготовки скважинной продукции.

3. Уменьшение стоимости строительства за счёт снижения металлоёмкости и площади застройки, применения мобильного оборудования максимальной заводской готовности, состоящего из элементов конструкции с тем же ресурсом и обеспечивающего достаточно быструю и качественную сборку и разборку установки.

4. Снижение операционных затрат и вложений на реконструкцию, расширение и демобилизацию объектов за счет возможности вывода и демонтажа отдельных блоков из технологической линии для использования на других объектах.

Эти преимущества позволяют применять мобильные установки на месторождении при пробной эксплуатации нефтегазодобывающих скважин до ввода в эксплуатацию основных производственных мощностей.

Основные предпосылки к созданию мобильной инфраструктуры для слабо изученных новых месторождений связаны с неопределенностью количества геологических и извлекаемых запасов, изменением профилей добычи. Следствием являются риски вложения значительных инвестиций в разработку актива с низким потенциалом.

Интерес для крупных нефтяных компаний в использовании МБУ при пробной эксплуатации нефтегазодобывающих скважин заключается в получении реальных результатов на стадии изучения новых месторождений:

– минимизация геологических рисков – уточнение запасов, максимального уровня добычи и оптимизация профиля добычи;

– уточнение уровней добычи и прогнозирование осложнений при добыче;

– определение параметров будущих объектов капитальной инфраструктуры (уточнение технологических схем, конструкций аппаратов, применяемых деэмульгаторов, температур нагрева для лучшей интенсификации процесса сепарации, времени удержания и т.д.);

– прогнозирование возможных осложнений при строительстве и эксплуатации объектов капитального исполнения.

Для оценки экономической эффективности применения мобильных установок на период пробной эксплуатации месторождений, относительно применения установок в капитальном исполнении, в данной работе проведен сравнительный анализ их применения на этапе концептуального проектирования для пилотного объекта ПАО «НК «Роснефть».

Несмотря на преимущества применения МБУ существует ряд сложностей по легализации мобильных установок на месторождениях.

По итогам анализа нормативной документации установлено, что существуют риски получения разрешения на строительство и ввод в эксплуатацию указанных мобильных установок. Риски связаны с отсутствием в нормативной документации (НД) четких определяющих признаков, предписаний, норм и требований, регламентирующих отнесение комплекса к объектам капитального или некапитального (временного) строения [4]. В настоящее время идут поиск решений и формирование предложений по внесению поправок в законодательство РФ.

Основная часть

В рамках выполнения работ по технико-экономическому обоснованию (ТЭО) рассмотрен вариант применения мобильных установок при обустройстве месторождений на этапе пробной эксплуатации и освоения пробуренных скважин с целью реализации более ранней добычи скважинной продукции. Это позволяет повысить экономическую эффективность проекта, а также провести уточнение прогнозируемых темпов добычи с учетом данных пробной эксплуатации до момента завершения строительства и ввода в эксплуатацию капитальных объектов обустройства месторождений.

Сравнение выполнялось для трех месторождений на период пробной эксплуатации. Мобильные сооружения рассматривались только для объектов подготовки нефти. Применение МБУ предполагается только в начале эксплуатации месторождения на период пробной эксплуатации, по завершении данного периода планируется ввод стационарных сооружений подготовки нефти.

Ввиду низкой обводненности продукции скважин в начальный период разработки месторождений принята работа установки в режиме дожимной насосной станции (ДНС).

Доведение нефти до товарного качества предполагается на существующей в ре-

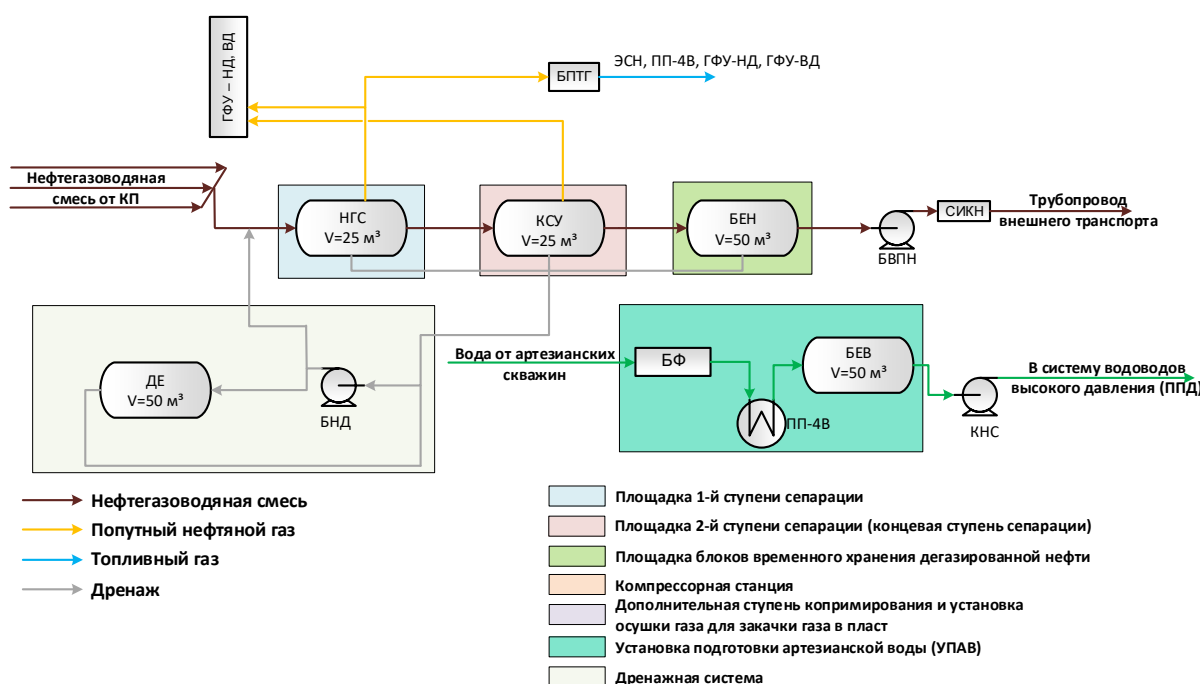
гионе установке подготовки нефти (УПН) одного из соседних месторождений.

МБУ, работающие в режиме ДНС, предназначены для приема и сепарации продукции скважин в целях дальнейшей транспортировки дегазированной жидкости. В составе установки также предусмотрена подготовка артезианской воды от водозаборных скважин с целью закачки в пласт для обеспечения нужд поддержания пластового давления (ППД). Технологические сооружения МБУ представляют собой оборудование в блочно-

модульном исполнении максимальной заводской готовности, размещенное в силовом каркасе, в габаритах 20 и 40 фунтового морского контейнера.

Установка технологических блоков МБУ осуществляется на основании, выполненном из дорожных плит, вследствие чего обеспечивается максимальная модульность и мобильность, а также сокращение объемов строительно-монтажных работ.

Блок-схема установки представлена на рисунке 2.



- НГС - блок сепаратора 1-й степени сепарации;
- КСУ - блок 2-й (концевой) степени сепарации;
- БЕН - буферная емкость нефти (блок временного хранения дегазированной нефти);
- БВПН - блок внешней перекачки нефти;
- СИКН - система измерения количества и показателей качества нефти;
- БПТГ - блок подготовки и распределения топливного газа;
- ГФУ - горизонтальная факельная установка;
- БФ - блок фильтров;
- ПП - подогреватель с промежуточным теплоносителем;
- БЕФ - буферная (промежуточная) емкость воды;
- КНС - кустовая насосная станция;
- ДЕ - дренажная емкость;
- БНД - блок насосов дренажной системы

Рисунок 2. Блок-схема мобильной ДНС

Рассмотрим обустройство месторождений с применением мобильной ДНС для каждого из трёх месторождений с различными профилями добычи. Сроки эксплуатации МБУ определены с учетом снижения объема строительно-монтажных работ и реализации ранней добычи скважинной продукции. Для удобства обозначим вариант с применением мобильных сооружений - «МБУ», вариант со строительством стационарной инфраструктуры с начала эксплуатации - «Базовый».

Профиль добычи месторождения 1 представлен на рисунке 3.

Для данного месторождения предполагался ввод МБУ в 2023 г. и её работа до

2025 г. включительно, с 2026 г. вводятся объекты капитального строения и стационарная инфраструктура. Для «базового» варианта профиль добычи по этому месторождению не отличается от варианта «МБУ».

Профиль добычи месторождения 2 представлен на рисунке 4.

В данном случае МБУ вводится в 2022 г. и работает до 2024 г. включительно, с 2025 г. вводятся объекты капитального строения и стационарная инфраструктура. Добыча для варианта «Базовый» начинается с 2025 г.

Профиль добычи месторождения 3 представлен на рисунке 5.

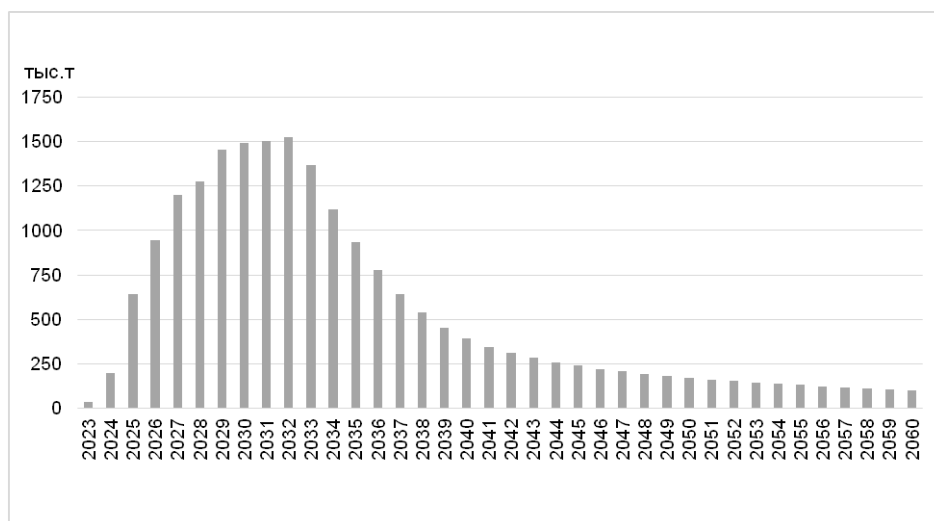


Рисунок 3. Профиль добычи месторождения 1

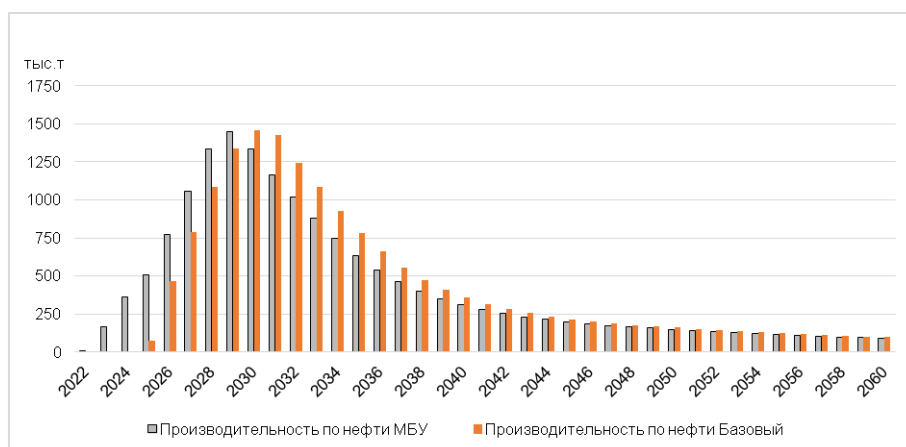


Рисунок 4. Профиль добычи месторождения 2

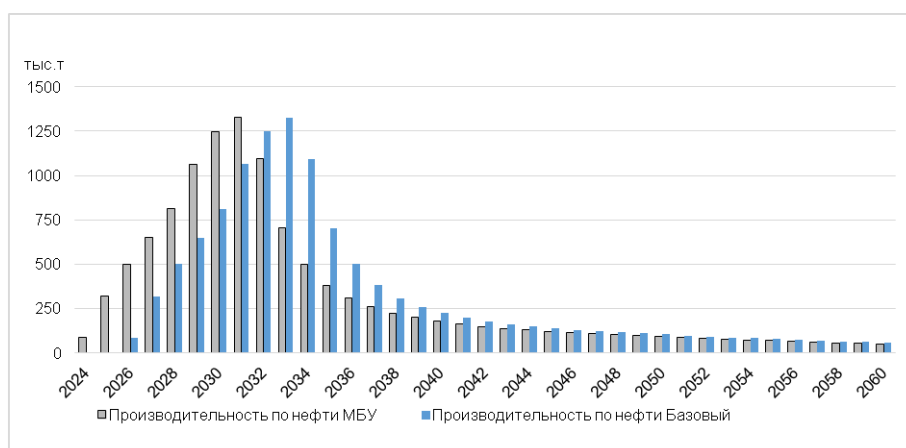


Рисунок 5. Профиль добычи месторождения 3

Здесь МБУ вводится в 2024 г. и работает до 2025 г. включительно, с 2026 г. вводятся объекты капитального строения и стационарная инфраструктура. Добыча для этого месторождения для варианта «Базовый» начинается с 2026 г.

Как видно из приведенных графиков, за счет использования мобильных ДНС предполагается ускорить запуск месторождений на 2-3 года, что позволит раньше начать получать прибыль от продажи нефти.

Для оценки стоимости мобильных установок использовалось технико-коммерческое предложение российской компании, которая предлагает комплексные решения по мобильным установкам с различными схемами их реализации.

В рамках ТЭО рассматривались следующие схемы:

- покупка оборудования;
- аренда оборудования на период эксплуатации;
- оказание сервисных услуг по подготовке скважинной продукции.

Первый этап работ заключался в определении оптимальной схемы эксплуатации мобильных установок.

Результаты экономического сравнения представлены в таблице 1.

По результатам проведенной оценки NPC (суммарные дисконтированные капи-

тальные и операционные затраты) наименее затратным вариантом является покупка мобильных установок, т.к. данный вариант учитывает реализацию установок по завершении их использования по остаточной стоимости. В случае не учёта данной выручки наименьший показатель NPC определяется в варианте аренды. Однако вариант покупки МБУ позволит использовать установку на других месторождения региона. В дальнейшем рассмотрен именно этот вариант.

На втором этапе работ производилась сравнительная оценка экономической эффективности вариантов обустройства лицензионного участка с применением мобильных установок с ускоренным вводом месторождения и стандартной схемой обустройства с применением сооружений в капитальном исполнении.

Сравнение вариантов производилось по результатам расчета полной экономической эффективности проектов.

В расчете учитывалась как доходная часть в виде получения прибыли от товарной продукции, так и расходная часть (капитальные и эксплуатационные расходы, налоговые выплаты).

В таблице 2 представлены основные результаты экономического расчета за проектный период (показатели эффективности даны относительно варианта «Базовый»).

Таблица 1. Экономическое сравнение вариантов применения мобильных (модульных) установок

Статья затрат	Наименование варианта		
	Покупка оборудования	Оказание сервисных услуг	Аренда оборудования на период эксплуатации
Капитальные вложения без НДС, млн руб.	3030,8 (МБУ освоения скважин на 2 года эксплуатации)	0	0
Выручка от продажи МБУ без НДС(по остаточной стоимости), млн руб.	2084,6	-	-
Операционные затраты без НДС, млн руб.	-	-	-
Ремонт, млн руб.	85,4	-	85,4
Затраты на персонал, млн руб.	364,9	-	364,9
Сервис, млн руб.	-	4042,04	-
Арендные платежи, млн руб.	-	-	3232,9
Прочие затраты, млн руб.	200,6	-	200,6
Дисконтированные затраты NPC, млн руб.	1031	1511	1442

Таблица 2. Результаты экономического расчета по вариантам

Экономические показатели	Месторождение 1		Месторождение 2		Месторождение 3	
	Базовый	«МБУ»	Базовый	«МБУ»	Базовый	«МБУ»
Валовая выручка, %	100,00	99,96	100,00	100,04	100,00	100,10
Операционные затраты, %	100,00	100,18	100,00	102,10	100,00	95,44
Налог на Дополнительный Доход, %	100,00	96,12	100,00	114,70	100,00	202,09
Капитальные вложения, %	100,00	101,39	100,00	101,46	100,00	100,63
Чистый денежный поток (ЧДП) дисконтированный, %	100,00	94,13	100,00	152,90	100,00	202,51
IRR (Внутренняя норма доходности) - показатель эффективности, %	100,00	99,29	100,00	108,13	100,00	113,38

Из приведенной таблицы 2 следует, что применение мобильных решений повысило экономическую эффективность проектов по месторождениям 2 и 3, при этом для месторождения 1 привело к некоторому снижению эффективности. Сопоставив приведенные профили продукции по вариантам и результаты экономического расчета, можно сделать вывод, что описанный выше подход по применению МБУ приводит к улучшению экономических показателей только при условии смещения сроков запуска месторождения на более ранние сроки. Это позволяет несколько снизить капитальные вложения в начальный период освоения месторождения за счет смещения запуска объектов капитального строительства, а также начать получать выручку в более ранние сроки, при этом снизив ее дисконтирование, что демонстрируют показатели по дисконтированному ЧДП. В таблице 2 также отражено снижение операционных затрат для месторождения 3. Данное снижение связано с уменьшением пиковой нагрузки по месторождению при применении МБУ. На рассматриваемых месторождениях предусматривается централизованное энергоснабжение бурения от электростанции собственных нужд по внутрипромысловым воздушным линиям электропередачи. В случае с МБУ на месторождении 3 выход на пиковую нагрузку по добыче и подготовке жидкости продлевается, а период бурения остается без изменений. Это приводит к тому, что пик нагрузок на добычу и подготовку наступает после завершения бурения, в связи с чем снижается общий пик потребления электроэнергии и, соответственно, потребность в агрегатах электростанции собственных нужд. Таким образом, на данном месторождении достигается дополнительный эффект в виде выравнивания профиля нагрузки и снижения затрат по энергетическим объектам.

Выводы

В рамках выполненной работы проведена оценка применения мобильных блочных установок состава ДНС на период пробной эксплуатации месторождений с последующим строительством объектов стационарной инфраструктуры при различных сценариях

ускорения ввода месторождения. В качестве базового варианта для сравнения с МБУ рассматривался вариант строительства стационарной инфраструктуры одновременно с запуском месторождения.

Анализ коммерческих предложений показал, что покупка установки с последующим ее применением на других месторождениях является наиболее выгодным вариантом использования МБУ в сравнении с арендой и сервисными услугами. Согласно анализу данных, полученных при расчете показателей экономической эффективности, вариант с применением мобильных установок на рассматриваемых месторождениях имеет более высокие показатели при условии ускорения запуска месторождения по сравнению с базовым сценарием.

По результатам проведенной работы положительный эффект от применения мобильных установок отмечается по следующим показателям:

- сокращение сроков ввода месторождения в эксплуатацию и получения подготовленной продукции скважин для дальнейшей транспортировки на объекты подготовки нефти;
- снижение рисков неоправданных затрат на капитальные объекты обустройства и сокращение сроков окупаемости проектов;
- снижение стоимости строительства объектов подготовки нефти в начальный период освоения.

При этом в настоящее время отмечены ограничения по применению мобильных установок, связанные с отсутствием нормативной и законодательной базы в части принятия технических решений и эксплуатации объектов с использованием временной инфраструктуры (модульных мобильных установок). Проектирование ведется согласно действующим нормативным документам, в которых отдельные требования для сооружений временной инфраструктуры не обозначены, в связи с чем документация по объектам обустройства на общих основаниях должна будет пройти экспертизу промышленной безопасности или государственную экспертизу проектной документации в зависимости от класса опасности объекта, определяемого согласно Ф3-116 [5].

Список литературы

1. Сугаипов Д.А., Батрашкин В.П., Хасанов М.М., Исмагилов Р.Р., Панов Р.А., Атнагулов А.Р. Основные принципы модульной стратегии обустройства месторождений в ПАО «Газпром нефть» // Нефтяное хозяйство. 2018. № 12. С. 68-71. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-68-71.
2. Дашевский А.В., Устимчук М.В., Дубровин К.А., Вольцов А.А., Лавров В.В. Современные решения для обустройства инфраструктуры малых месторождений // Нефтяное хозяйство. 2018. № 12. С. 124-125.
3. ГОСТ 25957-83. Здания и сооружения мобильные (инвентарные). Классификация. Термины и определения. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1983. 12 с.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 № 190-ФЗ (с посл. изм. и доп. от 27.12.2019 г.) // Российская газета. 2004. № 290.
5. Федеральный закон от 21.07.1997 № 11-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с посл. изм. и доп. от 29.07.2018 г.) // Российская газета. 1997. № 145.

Авторы

• Трофимова Елизавета Петровна
АО «ТомскНИПИнефть»
Главный специалист отдела
технологии и технико-экономической экспертизы
Российская федерация, 634027, г. Томск,
пр. Мира, 72
e-mail: TrofimovaEP@tomsknipi.ru

• Лучинин Станислав Борисович
АО «ТомскНИПИнефть»
Главный специалист отдела концептуального
проектирования
Российская федерация, 634027, г. Томск,
пр. Мира, 72
e-mail: LuchininSB@tomsknipi.ru

References

1. Sugaipov D.A., Batrashkin V.P., Khasanov M.M., Ismagilov R.R., Panov R.A., Atnagulov A.R. Osnovnye printsipy modul'noi strategii obustroistva mestorozhdenii v PAO «Gazprom neft'» [Basic Principles of Gazprom Neft's Modular Strategy for Field Infrastructure Development]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2018, No. 12, pp. 68-71. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-12-68-71. [in Russian].
2. Dashevskii A.V., Ustimchuk M.V., Dubrovina K.A., Volsov A.A., Lavrov V.V. Sovremennye resheniya dlya obustroistva infrastruktury malyykh mestorozhdenii [Modern Solutions for the Infrastructure Development of Small Fields]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2018, No. 12, pp. 124-125. [in Russian].
3. *GOST 25957-83. Zdaniya i sooruzheniya mobil'nye (inventarnye). Klassifikatsiya. Terminy i opredeleniya* [State Standard 25957-83. Mobile Buildings and Constructions. Classification. Terms and Definitions]. Moscow, Gosudarstvennyi komitet SSSR po delam stroitel'stva Publ., 1983. 12 p. [in Russian].
4. *Gradostroitel'nyi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 29 dekabrya 2004 № 190-FZ (s posl. izm. i dop. ot 27.12.2019 g.)* [The Town Planning Code of the Russian Federation of December 29, 2004 No. 190-FZ (with the Additions and Amendments of December 27, 2019)]. *Rossiiskaya gazeta*, 2004, No. 290. [in Russian].
5. *Federal'nyi zakon ot 21.07.1997 № 11-FZ «O promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov» (s posl. izm. i dop. ot 29.07.2018 g.)* [RF Federal Law of July 21, 1997 No. 11-FZ «On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities» (with the Additions and Amendments of July 29, 2018)]. *Rossiiskaya gazeta*, 1997, No. 145. [in Russian].

The Authors

• Trofimova Elizaveta P.
TomskNIPIneft SC
Chief Specialist of Technology and Technical
and Economic Expertise Department
72, Mira Ave., Tomsk, 634027,
Russian Federation
e-mail: TrofimovaEP@tomsknipi.ru

• Luchinin Stanislav B.
TomskNIPIneft SC
Chief Specialist of Conceptual Design Department
72, Mira Ave., Tomsk, 634027,
Russian Federation
e-mail: LuchininSB@tomsknipi.ru

• Валеев Евгений Мансурович
АО «ТомскНИПИнефть»
Ведущий специалист отдела
технологии и технико-экономической экспертизы
Российская федерация, 634027, г. Томск,
пр. Мира, 72
e-mail: ValeevEM@tomsknipi.ru

• Valeev Evgeniy M.
TomskNIPIneft SC
Leading Specialist of Technology and Technical
and Economic Expertise Department
72, Mira Ave., Tomsk, 634027,
Russian Federation
e-mail: ValeevEM@tomsknipi.ru

• Южанина Анна Андреевна
АО «ТомскНИПИнефть»
Инженер 1 категории отдела экономического
анализа проектов
Российская федерация, 634027, г. Томск,
пр. Мира, 72
e-mail: YuzhaninaAA @tomsknipi.ru

• Yuzhanina Anna A.
TomskNIPIneft SC
Category 1 Engineer of Projects Economic Analysis
Department
72, Mira Ave., Tomsk, 634027,
Russian Federation
e-mail: YuzhaninaAA @tomsknipi.ru