

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СКВАЖИНАХ**

**Мамчистова Е. И., Назарова Н. В.**

*ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень, Российская Федерация, (625000, Тюмень, ул. Володарского, 38), e-mail: malenka2002@mail.ru*

---

**Стабильность работы нефтегазовой отрасли определяется эффективностью использования фонда скважин и плановых объемов добычи нефти. В настоящее время больше половины фонда скважин простаивают по причине ожидания текущих и капитальных ремонтов, ремонтно-изоляционных работ по ограничению водопритоков и т.д. В связи с ухудшением условий работы добывающего фонда скважин на поздней стадии разработки нефтяных месторождений резко выросли объемы ремонтных работ. Все это привело к необходимости наращивания количества бригад. Ремонтные работы становятся более затратными и продолжительными, несмотря на незначительное увеличение сложности ремонтов. Низкой остается выработка на одну бригаду планового ремонта скважин. Поэтому одной из основных задач всех подразделений сервисной службы является обслуживание и обеспечение надежной, бесперебойной работы скважины. Для сокращения бездействующего фонда скважин и увеличения производительности труда бригад необходимо планировать организационно-технические мероприятия, разработать новые методические решения на основе законов распределения отказов скважин.**

---

**Ключевые слова:** комбинаторная оптимизация, моделирование, ремонтно-восстановительных работ, скважина.

## **APPLICATION OF METHODS OF COMBINATORY OPTIMIZATION AT THE SOLUTION OF MULTICRITERIA TASKS OF THE ORGANIZATION OF RESCUE AND RECOVERY OPERATIONS ON WELLS**

**Mamchistova E. I., Nazarova N. V.**

*Federal state budget higher educational institution "Tyumen State Oil and Gas University", Tyumen, Russian Federation (625000, Tyumen, Volodarskogo street 38), e-mail: malenka2002@mail.ru*

---

**Stability of work of oil and gas branch is defined by efficiency of use of a well stock and planned volumes of oil production. Now more than a half of a well stock stand idle because of expectation of routine maintenance and overhaul repairs, repair and insulating works on restriction of water inflows, etc. Due to the deterioration of operating conditions of the extracting well stock at a late stage of development of oil fields sharply volumes of repair work grew. All this resulted in need of accumulation of number of crews of underground repair of wells. Repair work becomes more expensive and long, despite insignificant increase in complexity of repairs. Low is a development on one crew. Therefore one of the main objectives of customer service of all divisions is service and ensuring reliable, trouble-free operation of a well. For reduction of an idle well stock and increase in labor productivity of crews it is necessary to plan organizational and technical actions, to develop new methodical decisions on the basis of laws of distribution of refusals of wells.**

---

**Keywords:** combinatory optimization, modeling, rescue and recovery operations, well.

Анализ осложнений показывает необходимость разработки эффективных методов управления работой фонда скважин. Кроме того, разработка и эксплуатация нефтяных месторождений в осложнённых условиях нуждается в развитии определённых форм обслуживания, обуславливающих повышение эффективности нефтедобычи. При этом важно оценить существующие техники и технологии, определить основные направления и задачи их совершенствования. Высокая надежность нефтепромысловых систем и малый объём ремонтных работ способствуют увеличению межремонтного периода и коэффициента

эксплуатации скважин, создают благоприятные условия в организации и управлении процессом нефтедобычи.

Важнейшей задачей современного этапа развития нефтегазодобывающей промышленности является задача оптимального назначения ремонтных бригад на проведение ТОР скважин и планирования сроков их проведения.

Таким образом, оптимальный подбор назначений ремонтных бригад на проведение ТОР должен быть достигнут за счет максимизации или минимизации определенной меры эффективности назначения: прибыли, стоимости, затрат и т.д. Для каждого потенциального назначения оценивается мера эффективности.

Решению задачи об организации ремонтных работ на скважинах может быть реализовано с помощью прямо-двойственного алгоритма Хичкока-АЛЬФАБЕТА, алгоритма Дейкстры, метода Жадного алгоритма на пересечении взвешенных матроидов, алгоритма Флойда, метода взвешенного паросочетания [1, 2].

Данные методы основаны на построении сетевой модели. Для создания модели рассмотрим некоторый участок месторождения. Количество добывающих скважин составляет  $n$ , дебиты скважин равны  $Q_i$  ( $i=1, \dots, n$ ). В центре расположена база, к которой относится  $m$  ремонтных бригад, прямыми линиями будет изображена сеть дорог, связывающая кусты и базу между собой.

Существует необходимость в постоянном поддержании скважинного оборудования в работоспособном состоянии. В связи с этим составляется план-график проведения технического обслуживания и ремонта скважин. При этом учитывается, что каждая бригада может обслуживать только одну скважину и переходить на обслуживание другой только после завершения ремонта на предыдущей скважине. Отказавшую скважину либо ремонтируют, если имеется хотя бы одна свободная бригада, либо выстраивают в очередь. Отремонтированная скважина начинает работать.

Для эффективного назначения ремонтных бригад на скважины в качестве оптимизирующих параметров рассматриваются:

- 1) время межремонтного периода;
- 2) дебит скважины до и после ремонта;
- 3) количество ремонтных бригад;

4) расстояние, на котором находится ремонтная бригада от требующей ремонта скважины.

В связи с тем, что число ремонтных бригад ограничено, очередность проведения планово-профилактических мероприятий в течение оптимального периода составляется с

учётом расстояний между скважинами и их дебитов. При этом приоритет отдаётся скважине с максимальным дебитом, находящейся на кратчайшем расстоянии от ремонтной бригады.

Так как одним из параметров оптимизации является расстояние от бригады до скважины, то данная задача представляется как экстремальная задача на графах. В данном случае вершинами графа являются кусты, а рёбрами – дороги. В качестве весов рёбер используются расстояния между скважинами. Таким образом, задача сводится к определению кратчайшего пути при обходе всех скважин.

Определение кратчайшего расстояния производится с помощью жадного алгоритма. Для этого задаётся матрица расстояний между кустами и базой. В результате расчёта получены минимальные остовные деревья, которые и являются кратчайшими путями при обходе всех скважин.

Приведём алгоритм, который работает для произвольного взвешенного матроида. Его работу легко будет понять из блок-схемы (рис. 1).

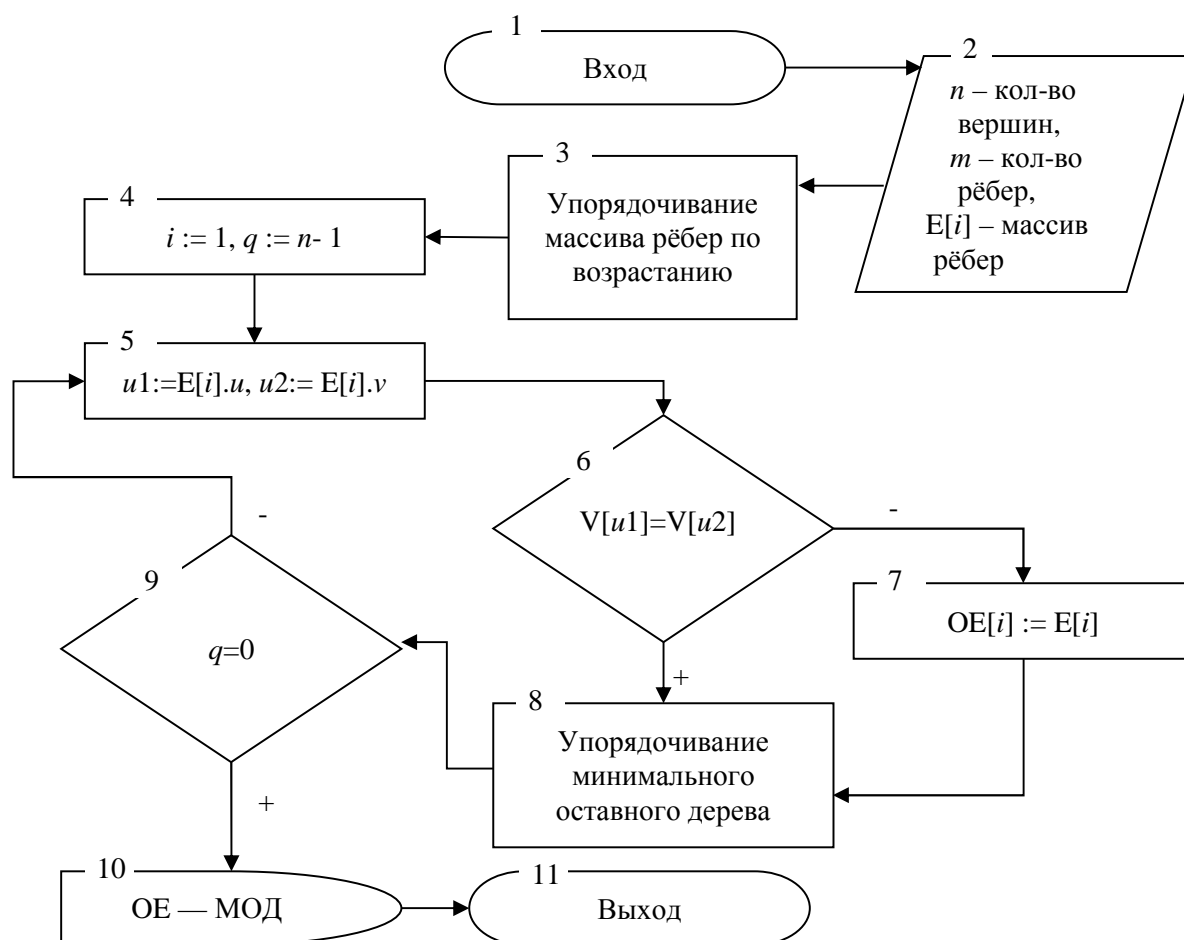


Рис. 1. Блок-схема жадного алгоритма

В качестве входных данных в этом алгоритме выступает взвешенный графический матроид  $M=(E,I)$  и связанная с ним весовая функция. Алгоритм возвращает оптимальное

подмножество  $OE$  – минимальное остовное дерево.

Для повышения эффективности работы бригад требуется составить очередность проведения планово-профилактических мероприятий в течение периода оптимального ремонта, учитывая расстояние между скважинами и их дебиты. Приоритет отдается скважине с максимальным дебитом, находящейся на кратчайшем расстоянии от ремонтной бригады. Расчет производится с помощью методов целочисленного линейного программирования. Алгоритм для нахождения минимальных расстояний между ремонтной базой и скважинами легко понять из блок-схемы, представленной на рис. 2.

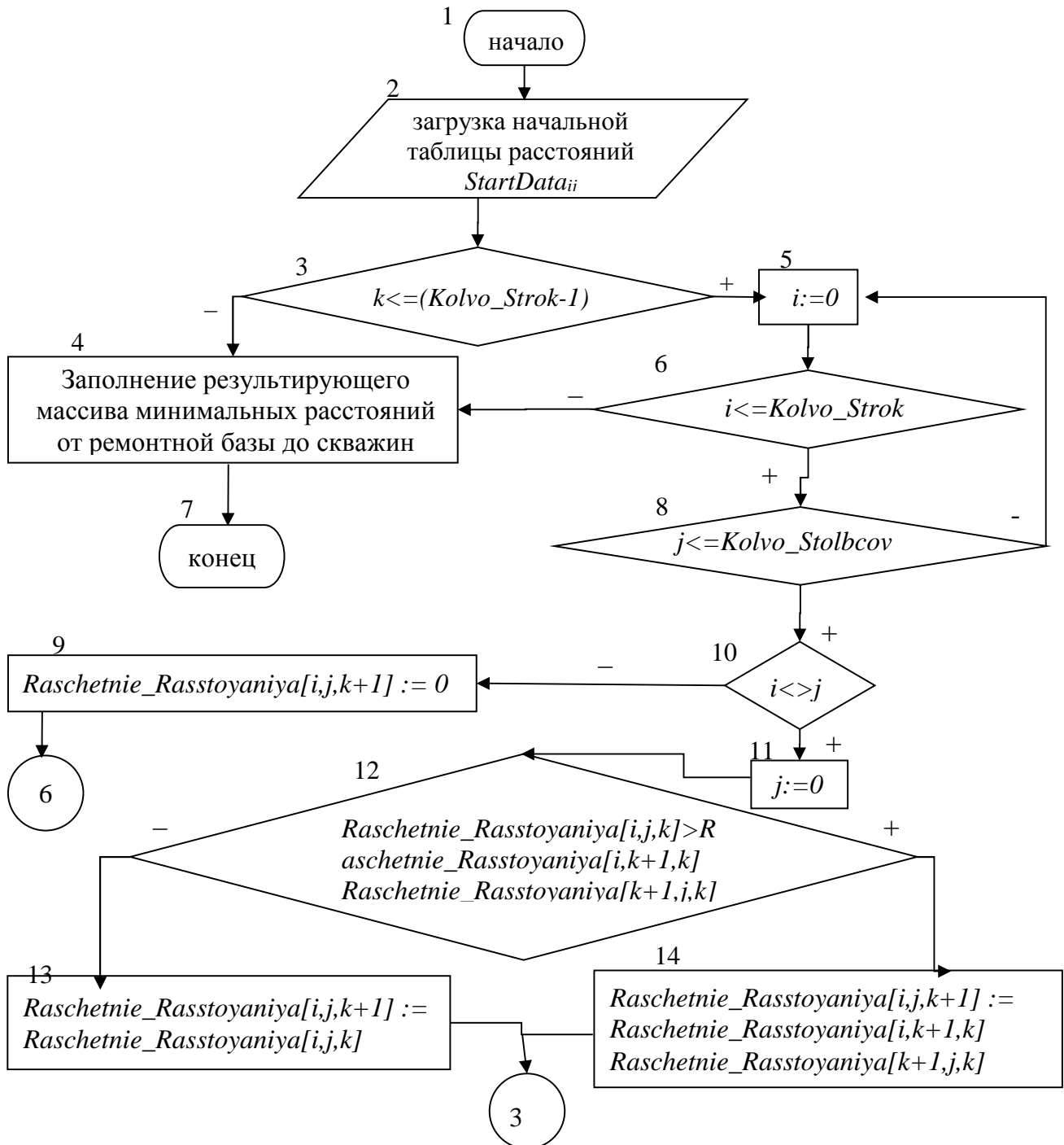


Рис. 2. Блок-схема алгоритма Флойда

Задачу о назначениях можно описать как упрощенную задачу линейного программирования, являющуюся частным случаем задачи Хичкока, и поэтому ее можно решать, применяя венгерский метод. Венгерский метод оптимизирует распределение ремонтных бригад на основе их типов, кратчайших расстояний от базы до скважин и обратно.

В качестве графа может быть взята произвольная схема, ребрами которого являются дороги. Предлагаемый способ решения позволяет классифицировать ремонтные бригады при их назначении на скважины и дороги транспортной сети могут быть с двусторонним движением.

$p(x)$  = (кратчайшая длина пути из  $s$  в  $x$ , в котором все промежуточные вершины принадлежат  $W$ ).

$$p(y) = \min\{p(y), p(x) + c_{xy}\} \text{ для всех } y \notin W.$$

Данное выражение показывает, что либо  $p(y)$  для  $y \notin W$  не изменяется при добавлении  $x$  к  $W$ , либо новое  $p(y)$  равняется кратчайшему расстоянию от  $s$  до  $x$  по вершинам из  $W$  плюс, расстояние непосредственно от  $x$  до  $y$ .

Таким образом, задачу можно сформулировать в виде задачи линейного программирования (ЛП).

Пусть даны  $m, n \in \mathbb{Z}^+$ , запасы  $a_i \in \mathbb{R}^+ (i=1, \dots, m)$  в пунктах отправления, потребности  $b_j \in \mathbb{R}^+ (j=1, \dots, n)$  в пунктах назначения и  $c_{ij} \in \mathbb{R}^+ (i=1, \dots, m \text{ и } j=1, \dots, n)$ . Индивидуальной задачей Хичкока является следующая задача ЛП с переменными  $f_{ij}$ :

$$\min \sum_{i,j} c_{ij} f_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n f_{ij} = a_i, i = 1, \dots, m,$$

$$\sum_{i=1}^m f_{ij} = b_j, j = 1, \dots, n,$$

$$f_{ij} \geq 0,$$

где  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ .

Однако данные равенства не приводят к потере общности, поскольку всегда можно ввести фиктивный  $(n + 1)$ -й пункт назначения с потребностью:

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$$

и стоимостями  $c_{i,n+1} = 0, i=1, \dots, m$ .

Использование алгоритма АЛЬФАБЕТА позволяет оптимизировать распределение и обслуживание заявок при следующих критериях: минимальные затраты, максимум прибыли предприятия.

Одной из основных задач сервисной службы всех подразделений является обслуживание и обеспечение надежной, бесперебойной работы скважин.

Задача состоит в оптимизации распределения и обслуживания заявок при заданном плане добычи нефти при минимальных затратах на его выполнение или при максимуме прибыли предприятия. Пусть на склад, через определенный промежуток времени, поступают заявки с цехов о потребности в том или ином оборудовании. Необходимо развести оборудование на цеха через базы с учетом 25 %-го резерва. Рассмотрим заявку, поступившую на склад: требуется оборудование для ремонта.

Для решения данной задачи использован алгоритм для задачи Хичкока – АЛЬФАБЕТА. Таким образом, данную задачу (рис. 3) можно представить как экстремальную задачу на графах. В частности, если представить цеха и базы вершинами графа, а дороги к ним – дугами графа с определенными весами (расстояние или стоимость), то задача сводится к определению оптимального пути при обходе и обслуживании всех цехов.

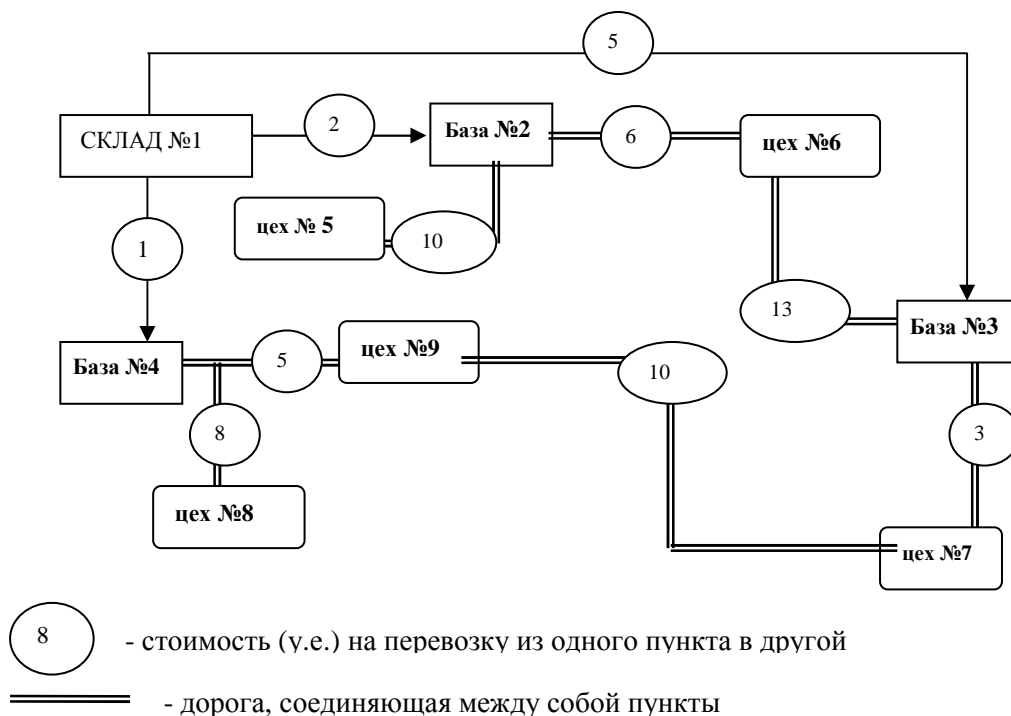


Рис. 3. Схема расположения сервисной службы

**Выводы и предложения:**

1. Уменьшение непроизводительных работ и простоев, обусловленных в основном организационно-техническими причинами и нарушениями трудовой дисциплины, является резервом снижения затрат времени на проведение ремонта.
2. Необходимо разрабатывать новые методы и способы организации ремонтно-восстановительных работ, позволяющих оптимизировать графики назначения ремонтных бригад на скважины для повышения эффективности их работы.

3. Разработаны методики назначения ремонтных бригад на скважины и план-график проведения технического обслуживания и ремонта скважин с учетом приоритетов.

### Список литературы

1. Мамчистова Е.И., Кучумов Р.Р. Об одной задаче Хичкока по оптимизации распределения и обслуживания заявок на оборудование с использованием алгоритма АЛЬФАБЕТА // Сб. науч. трудов «Моделирование технологических процессов нефтедобычи». – Тюмень: «Вектор-Бук», 2005. – Вып. 6.
2. Мамчистова Е.И., Кучумов Р.Р. Оптимальная организация ремонтных работ на скважинах с использованием алгоритма Дейкстры // Сб. науч. трудов «Моделирование технологических процессов нефтедобычи». – Тюмень: «Вектор-Бук», 2005. – Вып. 6.
3. Назарова Н.В. Планирование ремонтных работ на скважинах методами целочисленного линейного программирования / Р.Я. Кучумов, Н.В. Назарова // Нефть и газ. – Тюмень, 2008. – № 1. – С. 22-28.
4. Назарова Н.В. Моделирование организации ремонтных работ на скважинах методом жадного алгоритма / Е. И. Мамчистова, Н. В. Назарова // Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии – нефтегазовому региону» по секции «Моделирование и управление процессами добычи и транспорта нефти и газа». – Тюмень: Нефтегазовый университет, 2009.
5. Пападимитриу Х., Стайглиц Н. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность.
6. Ухалов К.А., Кучумов Р.Я., Наместников С.В. Моделирование экономической эффективности технического обслуживания и ремонта скважин // Сб. научных трудов «Моделирование технологических процессов нефтедобычи». – Тюмень: «Вектор Бук», 2003. – Вып. 4. – С. 291-298.

### Рецензенты:

Грачев С.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Институт геологии и нефтегазодобычи, ФГБОУ ТюмГНГУ, г. Тюмень;

Сохошко С.К., д.т.н., заведующий кафедрой «Моделирование и управление процессами нефтегазодобычи», Институт геологии и нефтегазодобычи, ФГБОУ ТюмГНГУ, г. Тюмень.