

Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. Вып. 1 (135). С. 38-47. ISSN 1998-8443 (print)

Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2022. Issue 1 (135). P. 38-47. ISSN 1998-8443 (print)

Научная статья

УДК 622.692.4

doi: 10.17122/ntj-oil-2022-1-38-47

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОТЕРЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ «МАЛЫХ ДЫХАНИЙ»

Алексей Анатольевич Коршак¹, Инна Михайловна Руфанова²

¹Научно-технический центр Научно-исследовательского института трубопроводного транспорта, Уфа, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

¹KorshakAA@niitnn.transneft.ru

²iru412@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: **Инна Михайловна Руфанова**, iru412@mail.ru

Аннотация. Потери нефти и нефтепродуктов от испарения наносят как материальный ущерб производителям, так и экологический ущерб вследствие загрязнения окружающей среды. Их правильная оценка позволяет заблаговременно принять организационно-технические решения по снижению этого ущерба.

Одной из составляющих общих потерь от испарения являются потери от «малых дыханий» резервуаров, обусловленные, прежде всего, ежесуточными изменениями температуры их газового пространства, являются причиной существенных потерь нефти и нефтепродуктов. Они особенно велики при низких уровнях разлива в теплое время года.

Для оценки потерь нефтепродуктов от «малых дыханий» важно уметь прогнозировать максимальную и минимальную температуры в газовом пространстве резервуаров.

Целью данной статьи является получение зависимости для прогнозирования максимальной и минимальной температур в газовом пространстве резервуаров.

Предложена расчетная зависимость для прогнозирования максимальной и минимальной температур газового пространства резервуаров при отрицательной и положительной температурах атмосферного воздуха.

Ключевые слова: резервуар, потери нефти и нефтепродуктов от «малых дыханий», температура газового пространства резервуаров, прогнозирование

Для цитирования: Коршак А.А., Руфанова И.М. Метод прогнозирования температуры газового пространства резервуаров при оценке потерь нефти и нефтепродуктов от «малых дыханий» // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. Вып. 1 (135), С. 38-47. <http://doi10.17122/ntj-oil-2022-1-38-47>.

Original article

METHOD FOR PREDICTING TEMPERATURE OF TANK VAPOR SPACE WHEN ASSESSING PETROLEUM AND PETROLEUM PRODUCTS «MINOR BREATHING» LOSSES

Alexey A. Korshak¹, Inna M. Rufanova²

¹Scientific and Technical Center, Pipeline Transport Institute, Transneft R&D, Ufa, Russia

²Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

¹KorshakAA@niitnn.transneft.ru

²iru412@mail.ru

Corresponding author: Inna M. Rufanova, iru412@mail.ru

Abstract. Losses of petroleum and petroleum products from evaporation cause both material damage to producers and environmental damage due to environmental pollution. Their correct assessment allows you to take organizational and technical decisions in advance to reduce this damage.

One of the components of the total losses from evaporation are losses from «inconsiderable reservoir breathing», caused primarily by daily changes in the temperature of their gas space, are the cause of significant losses of petroleum and petroleum products. They are especially high at low innage levels in the warm season.

To assess the loss of petroleum products from «inconsiderable reservoir breathing», it is important to be able to predict the maximum and minimum temperatures in the gas space of the reservoirs.

The purpose of this article is to obtain a relationship for predicting the maximum and minimum temperatures in the gas space of reservoirs.

A calculated dependence is proposed for predicting the maximum and minimum temperatures of the gas space of reservoirs at negative and positive temperatures of atmosphere air.

Keywords: reservoir, petroleum and petroleum products losses from «inconsiderable reservoir breathing», temperature of the gas space of reservoirs, predicting

For citation: Korshak A. A., Rufanova I. M. Metod prognozirovaniya temperatury gazovogo prostranstva rezervuarov pri otsenke poter nefti i nefteproduktov ot «malykh dykhaniy». [Method for Predicting Temperature of Tank Vapor Space when Assessing Petroleum and Petroleum Products «Minor Breathing» Losses]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2021, Issue 1 (135), pp. 38-47. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2022-1-38-47>.

Потери от «малых дыханий» являются одной из составляющих общей естественной убыли нефти и нефтепродуктов из резервуаров. Их величина особенно велика при малых уровнях взлива и в теплое время года. По этой причине в условиях нефтебаз нередко имеют место сверхнормативные потери бензина. Следовательно, правильная оценка величины потерь от «малых дыханий» представляет большой практический интерес [1-3].

Известно, что их величина, при прочих равных условиях, зависит от амплитуды колебаний температуры газового пространства резервуаров.

На изменение температуры газового пространства (ГП) оказывают влияние географические и метеорологические условия (широта местности, температура атмосферного воздуха и размах ее суточных колебаний, интенсивность солнечного облучения корпуса и крыши резервуара, облачности, частоты и количества осадков, долготы дня и времени года), конструктивные особенности (угол наклона крыши к горизонту, тепловое сопротивление стенок и крыши, отношение площади стенок резервуара, окружающих ГП, к площади крыши) и состояние (цвет и качество окраски) резервуара.

Многочисленность и переменный характер этих факторов делают задачу определения температур в газовом пространстве весьма сложной. Однако попытки ее решения предпринимали многие исследователи.

И.А. Чарным и В.И. Черникиным данная задача была решена аналитически [4]. Однако предложенные расчетные формулы оказались очень сложными и неудобными для практического использования.

Путем введения некоторых допущений и за счет представления некоторых функций в виде графиков авторам удалось значительно упростить эти формулы. Но сделанные допущения привели к увеличению погрешности вычислений. С другой стороны, формулы все равно они остались достаточно громоздкими и трудно применимыми для практических расчетов.

Например, для расчета амплитуды изменения температуры ГП в наземных резервуарах без тепловой изоляции была предложена формула

$$\Delta T_r = \Delta T_g \cdot f_1 + 591 \cdot [f_2 \cdot f_3 + f_6 \cdot f_7 + f_4 \cdot (f_8 - f_5)], \quad (1)$$

где ΔT_g - амплитуда колебания температуры наружного воздуха;

$f_1 - f_8$ - функции, величина которых зависит от широты местности, где расположен резервуар, угла конусности крыши резервуара, а также соотношение площади поверхности боковых стенок резервуара, ограждающих ГП, и площади крыши.

Формула (1) выведена только для дня летнего солнцестояния (22 июня) и не учитывает фактических долготы дня и времени года. Поэтому, по данным [5, 6], для других дней и месяцев в году она дает большие расхождения между вычисленными и опытными значениями температур, что делает ее малоприменимой для практических расчетов.

В.А. Бунчук [7] применил для расчета теплового режима резервуаров теорию затухания температурных волн и получил для расчета амплитуды колебания температуры ГП зависимость

$$A_{\Gamma} = A_{\theta} / \tilde{\nu}_{\Gamma}, \quad (2)$$

где A_{θ} - амплитуда суммарной наружной температуры, воздействующей на резервуар

$$A_{\theta} = \left[A_{\theta} + \left(\frac{\rho_{\theta} \cdot J_{кр}}{\alpha_n} \cdot f_1 + \frac{\rho_{\theta} \cdot J_{СТ}}{\alpha_n} \cdot f_2 \right) \cdot K_{обл} \right] \cdot \mu_{\theta}, \quad (3)$$

A_{θ} - амплитуда колебаний температуры наружного воздуха;

ρ_{θ} - коэффициент погашения солнечных лучей поверхностью, величина которого принимается в зависимости от материала, цвета и состояния поверхности;

$J_{кр}, J_{СТ}$ - интенсивность солнечного облучения соответственно крыши и стенки резервуара;

α_n - суммарный коэффициент теплоотдачи наружной поверхности;

f_1, f_2 - относительные площади соответственно крыши и стенки резервуара

$$f_1 = \frac{F_{кр}}{F_{кр} + F_{СТ}}; \quad f_2 = \frac{F_{СТ}}{F_{кр} + F_{СТ}};$$

$F_{кр}, F_{СТ}$ - абсолютные площади поверхности соответственно крыши и стенки;

$K_{обл}$ - коэффициент, учитывающий облачность атмосферы;

μ_{θ} - коэффициент, учитывающий несовпадение во времени наиболее высоких температур и наибольшей интенсивности солнечного облучения, $\mu_{\theta} = 0,9$;

$\tilde{\nu}$ - условный коэффициент затухания наружной температурной волны, отнесенные к середине газового слоя

$$\tilde{\nu}_{\Gamma} = \left[0,5 \cdot \left(\frac{1}{\nu_{ВП}} + \frac{1}{\nu_{ПЖ}} \right) \right]^{-1};$$

$\nu_{ен}$ - суммарное затухание температурной волны при переходе на внутреннюю поверхность, учитывающее ее затухание во всех слоях ограждающей поверхности резервуара;

$\nu_{нж}$ - то же, но с учетом затухания в воздушном (газовом) слое при переходе температурной волны на поверхность нефтепродукта.

Среднюю температуру ГП В.А. Бунчук рекомендует принимать равной расчетной суммарной наружной температуре, воздействующей на резервуар, т.е.

$$T_{\Gamma\text{ ср}} = T_{\theta\text{ ср}} + \frac{\rho_{\theta}}{\alpha_n} \cdot (J_{кр} \cdot f_1 + J_{СТ} \cdot f_2). \quad (4)$$

Поскольку В.А. Бунчук рекомендует [7] для наземных металлических резервуаров принимать $\rho_{\theta} \approx 0,7$ и $\tilde{\nu}_{\Gamma} \approx 1,43$, то основные сложности с применением его методики расчета температуры ГП связаны с определением $J_{кр}$ и $J_{СТ}$.

Их значение в монографии [7] даны не для всех широт возможного размещения резервуаров.

Наибольшее признание [8-10] при прогнозировании минимальной и максимальной температур газового пространства наземных резервуаров получили результаты исследо-

ваний профессора Н.Н. Константинова [11]. По его методике величины $T_{z.min}$ и $T_{z.max}$ рассчитываются на основе средней температуры нефтепродукта в резервуаре, которая принимается равной средней температуре воздуха.

Избыточные температуры ГП, отсчитываемые от средней температуры нефтепродукта, вычисляются на основе уравнений теплового баланса с использованием ряда допущений, на которые обращено внимание в [12]:

- величину коэффициента теплоотдачи конвекцией от газового пространства к поверхности нефтепродукта Н.Н. Константинов рекомендует принимать постоянной;

- закономерности изменения остальных коэффициентов теплоотдачи Н.Н. Константиновым экспериментально не исследованы.

Кроме того, величина коэффициента теплоотдачи конвекцией от газового пространства к поверхности нефтепродукта в монографии [11] обоснована недостаточно, т.к. определена «по ограниченному количеству измерений, выполненных только период с 30 мая по 29 июня, только на двух резервуарах и только в условиях Туапсе и Подмосквья» [12]. Остальные коэффициенты теплоотдачи Н.Н. Константинов предложил вычислять по формулам других авторов без экспериментальной проверки.

Понимая все это, профессор Н.Н. Константинов рекомендует пользоваться предложенными им формулами для вычисления относительной температуры ГП «только при ориентировочных расчетах» [11].

Альтернативный подход к определению температуры ГП изложен в работе И.П. Бударова и Е.Н. Калайтан [5]. Учитывая, что нахождение температурного режима резервуаров в зависимости от широко изменяющихся внешних условий наталкивается на значительные трудности, ее авторы пошли по пути экспериментального определения величин температуры ГП резервуаров разного типа-размера, расположенных в разных климатических зонах.

Опыты проводились на пяти вертикальных (с дыхательными клапанами) и трех горизонтальных (без дыхательных клапанов) резервуарах, окрашенных алюминиевой и белой краской. Угол наклона крыши емкостей изменялся от 1 до 10 градусов, а степень заполнения бензином и дизельным топливом – от 85,5 % до 98,7 %. Резервуары находились в северной и средней климатических зонах.

На основании наблюдений, которые велись ежедневно во все времена года на протяжении от 6 до 29 месяцев непрерывно, авторами работы [5] установлены следующие закономерности:

1) температура ГП является сложной функцией от температур крыши, стенок резервуара и топлива, которые, в свою очередь, зависят от многих факторов, из которых главными являются температура наружного воздуха и ее колебания;

2) максимальные температуры ГП $T_{z.max}$ летом выше, а зимой равны или даже несколько ниже максимальных температур наружного воздуха $T_{в.max}$;

3) минимальные температуры ГП $T_{z.min}$ на 3-8 °С выше минимальных температур наружного воздуха $T_{в.min}$, причем чем больше резервуар, тем эта разница значительней.

Обработка экспериментальных данных позволила авторам [5] получить корреляционные зависимости, в которых разделение эмпирических формул по сезонам года почему-то сделано не было.

По-нашему мнению, результаты экспериментальных исследований И.П. Бударова и Е.Н. Калайтан имеют значительную ценность, т.к. в них отражено фактическое соотношение температур газового пространства резервуаров и атмосферного воздуха, которое в отличие от теоретических зависимостей автоматически учитывает переменность погодных и климатических условий. Вместе с тем, строго говоря, при планировании экспериментальных исследований авторами [5] не в полной мере были охвачены различные типоразмеры резервуаров типа РВС, а уровень их

заполнения практически всегда был только высоким.

Нами была проведена повторная обработка экспериментальных данных И.П. Бударова и Е.Н. Калайтан (включая и южную климатическую зону), приведенных в монографии [13]. При этом с целью увеличения объема обрабатываемой выборки разделения на вертикальные и горизонтальные резервуары не производилось.

На рисунках 1, 2 приведены графики зависимости посуточных максимальной и минимальной температур газового пространства резервуаров, расположенных в Выборге, Екатеринбурге, Иркутске, Самаре, Симферополе, от соответствующих температур атмосферного воздуха.

Видно, что связь между ними является достаточно тесной, но имеет несколько различающийся характер.

Кроме того, было установлено, что влияние широты местности, на которой расположен резервуар, и угла склонения солнца в данной местности на дату измерений на температуру газового пространства резервуаров находится в пределах погрешности измерений.

Учитывая, что авторами [5] установлено количественное различие разности температур ГП и атмосферного воздуха в теплый и холодный сезоны года, первоначально весь массив экспериментальных данных был разделен на выборки, соответствующие весенне-летнему и осенне-зимнему периодам [14].

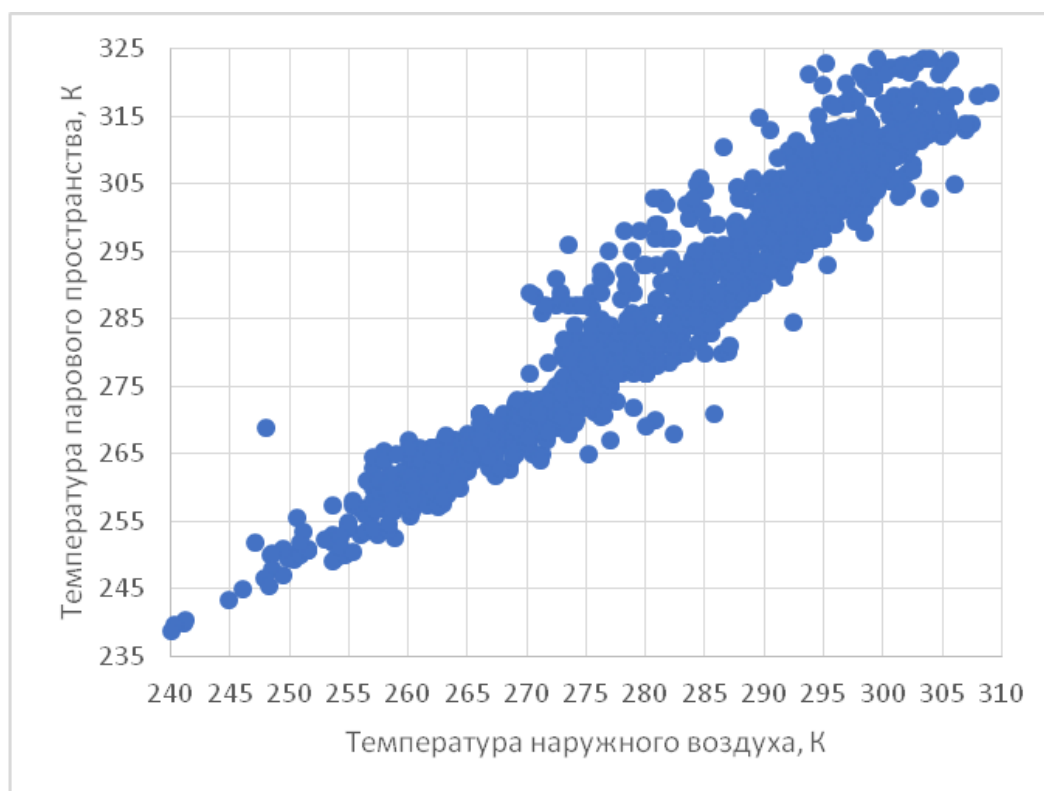


Рисунок 1. Зависимость максимальной температуры газового пространства резервуаров от максимальной температуры атмосферного воздуха

Figure 1. Dependence of the maximum temperature of the gas space of the tanks on the maximum temperature of the atmospheric air

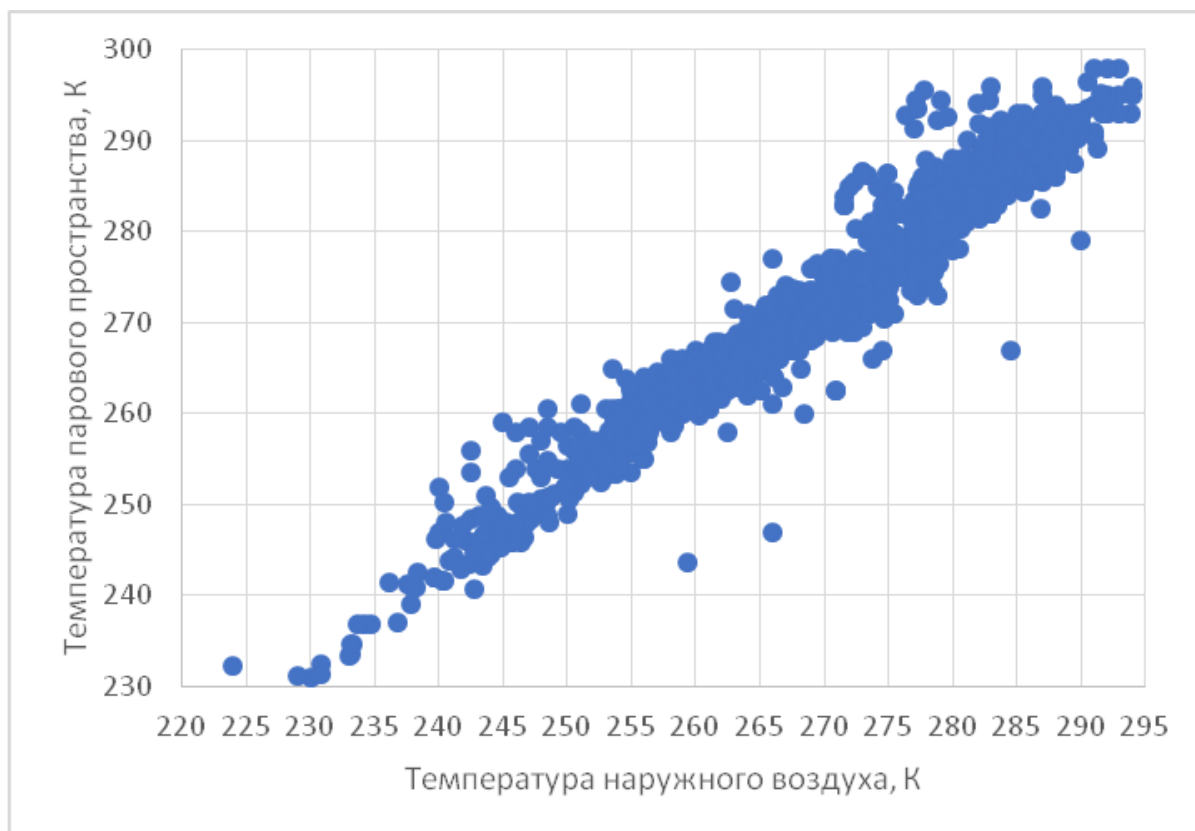


Рисунок 2. Зависимость минимальной температуры газового пространства резервуаров от минимальной температуры атмосферного воздуха
Figure 2. Dependence of the minimum temperature of the gas space of the tanks on the minimum temperature of the atmospheric air

Однако оказалось, что часть результатов измерений в холодные дни весенне-летнего периода ближе к результатам измерений в теплые дни осенне-зимнего периода. По этой причине была произведена перегруппировка выборок по величине температуры атмосферного воздуха: 1) 273 К и ниже; 2) выше 273 К.

После отбрасывания «выскакивающих» значений и последующей математической обработки было установлено, что связь между соответствующими температурами газового пространства резервуара и атмосферного

воздуха для обоих температурных интервалов имеет одинаковый функциональный вид

$$T_{\Gamma} = a \cdot \left(\frac{T_{\text{возд}}}{273} \right)^b, \quad (5)$$

где a , b - постоянные числовые коэффициенты, величина которых зависит от температурного интервала, в который попадает температура атмосферного воздуха $T_{\text{возд}}$, и искомой температуры ГП резервуара (таблица 1).

Таблица 1. Величина коэффициентов a и b в формуле (5)

Table 1. Values of coefficients a and b in formula (5)

Вычисляемая температура ГП	a , К	b	Коэффициент детерминации	Среднеквадратичная погрешность, %	Область применения, К
Максимальная	272,7	0,9793	0,8648	2,53	$224 < T_{\text{возд}} \leq 273$
Минимальная	275,0	0,9457	0,9464	2,25	
Максимальная	273,3	1,3678	0,8881	4,49	$273 < T_{\text{возд}} \leq 310$
Минимальная	275,1	1,0364	0,8036	2,47	

Поскольку во всех случаях величина коэффициента детерминации превышает 0,8, то связь между параметрами, входящими в формулу (5), является достаточно значимой.

Относительная погрешность (по модулю) прогнозирования температуры газового пространства резервуаров по формуле (5) с использованием коэффициентов, приведенных в таблице 1, составляет от 0 % до 4,65 %, а среднеквадратичная - от 2,25 % до 4,49 %.

Таким образом, зависимость (5) описывает экспериментальные данные [13] с точностью, достаточной для инженерных расчетов.

Выводы

1. Классическая методика прогнозирования температуры газового пространства резервуаров, разработанная профессором Н.Н. Константиновым, содержит большое количество допущений и не учитывает случайного характера изменения погодных и климатических условий в процессе хранения нефтепродуктов.

2. Предложен метод прогнозирования температуры газового пространства резервуаров для оценки потерь от «малых дыханий» на основе обработки результатов продолжительных наблюдений за ее фактическим изменением.

Список источников

1. Хотничук С.Б., Бортник В.В., Тимофеев Ф.В., Кузнецов А.А. Совершенствование системы обеспечения качества нефтепродуктов при транспортировке трубопроводным транспортом // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Т. 7. № 5. С. 88-96.

2. Коршак А.А., Коршак Ан.А. Метод прогнозирования потерь нефти и нефтепродуктов от «больших дыханий» за длительный период // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти

References

1. Khotnichuk S.B., Bortnik V.V., Timofeev F.V., Kuznetsov A.A. Sovershenstvovanie sistemy obespecheniya kachestva nefteproduktov pri transportirovke truboprovodnym transportom [Improvement of the Quality Assurance System for Oil Products to be Transported by Pipelines]. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov - Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*, 2017, Vol. 7, No. 5, pp. 88-96. [in Russian].

2. Korshak A.A., Korshak An.A. Metod

и нефтепродуктов. 2018. Вып. 5 (115). С. 79-87. DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-5-79-87.

3. Лесных К.Е., Коршак А.А., Хафизов Н.Н., Кузнецов А.А. Методические подходы к моделированию условий образования технологических потерь нефти и нефтепродуктов при испарениях из резервуаров // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2020. Т. 10. № 4. С. 386-393. DOI: 10.28999/2541-9595-2020-10-4-386-393.

4. Чарный И.А., Черников В.И. Тепловой режим газового пространства бензохранилищ // Вопросы транспорта, хранения нефти и машиностроения: сб. науч. тр. Моск. нефт. ин-та. М.: Гостехиздат, 1956. Вып. 17. С. 169-178.

5. Бударов И.П., Калайтан Е.Н. Экспериментальное исследование температурного режима наземных резервуаров // Нефтяное хозяйство. 1954. № 8. С. 67-65.

6. Константинов Н.Н., Покровский В.М. Изучение потерь светлых нефтепродуктов от испарения при хранении в резервуарах // Исследование и применение нефтепродуктов: сб. работ «Техрацнефть». М.: Гостехиздат, 1950. Вып. 2.

7. Бунчук В.А. Температурный режим резервуаров. М.: ВНИИСТ, 1958. 190 с.

8. Методика расчета потерь от испарения нефти и нефтепродуктов из резервуаров. Уфа: НИИТранснефть, 1965. 76 с.

9. Абузова Ф.Ф., Бронштейн И.С., Новоселов В.Ф. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении. М.: Недра, 1981. 248 с.

10. Тугунов П.И., Новоселов В.Ф., Коршак А.А. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Уфа: Дизайн-ПолиграфСервис, 2008. 658 с.

11. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. М.: Гостехиздат, 1961. 260 с.

12. Коршак А.А., Руфанова И.М. Актуализация методики прогнозирования потерь нефтепродуктов от «малых дыханий» резервуаров // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 2 (130). С. 60-69. DOI: 10.17122/ntj-oil-2021-2-60-69.

13. Бударов И.П. Потери от испарения моторных топлив при хранении. М.: ВНИИСТ, 1961. 263 с.

14. Приказом Минэнерго РФ № 281 от 16.04.2018. «Об утверждении норм естественной убыли нефтепродуктов при хранении» // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/72010020/> (дата обращения: 22.09.2021).

prognozirovaniya poter' nefi i nefteproduktov ot «bol'shikh dykhanii» za dlitel'nyi period [Method for Predicting Breathing Losses of Oil and Oil Products for a Long Period]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2018, Issue 5 (115), pp. 79-87. DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-5-79-87. [in Russian].

3. Lesnykh K.E., Korshak A.A., Khafizov N.N., Kuznetsov A.A. Metodicheskie podkhody k modelirovaniyu uslovii obrazovaniya tekhnologicheskikh poter' nefi i nefteproduktov pri ispareniiakh iz rezervuarov [Methodological Approaches to Modeling the Conditions for the Formation of Technological Losses of Oil and Petroleum Products Due to Evaporation from Tanks]. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov - Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*, 2020, Vol. 10, No. 4, pp. 386-393. DOI: 10.28999/2541-9595-2020-10-4-386-393. [in Russian].

4. Charnyi I.A., Chernikin V.I. Teplovoi rezhim gazovogo prostranstva benzokhranilishch [Thermal Regime of the Gas Space of Petrol Storages]. *Sbornik nauchnykh trudov Moskovskogo nefyanogo instituta «Voprosy transporta, khraneniya nefi i mashinostroeniya»* [Collection of Scientific Papers of the Moscow Petroleum Institute «Issues of Transport, Storage of Oil and Mechanical Engineering»]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1956, Issue 17, pp. 169-178. [in Russian].

5. Budarov I.P., Kalaitan E.N. Eksperimental'noe issledovanie temperaturnogo rezhima nazemnykh rezervuarov [Experimental Study of the Temperature Regime of Above-Ground Reservoirs]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 1954, No. 8, pp. 67-65. [in Russian].

6. Konstantinov N.N., Pokrovskii V.M. Izuchenie poter' svetlykh nefteproduktov ot ispareniiya pri khraneni v rezervuarakh [Study of Evaporation Losses of Light Oil Products During Storage in Tanks]. *Sbornik rabot «Tekhratsgeft» Issledovanie i primeneniya nefteproduktov* [Collection of Works «Tekhratsgeft» Research and Application of Petroleum Products]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1950, Issue 2. [in Russian].

7. Bunchuk V.A. *Temperaturnyi rezhim rezervuarov* [Temperature Conditions of Tanks]. Moscow, VNIIST Publ., 1958. 190 p. [in Russian].

8. *Metodika rascheta poter' ot ispareniiya nefi i nefteproduktov iz rezervuarov* [Methodology for Calculating Losses from Evaporation of Oil and Oil Products from Tanks]. Ufa, NIITransneft' Publ., 1965. 76 p. [in Russian].

9. Abuzova F.F., Bronshtein I.S., Novoselov V.F. *Bor'ba s poteryami nefi i nefteproduktov pri ikh transportirovke i khraneni* [Combating Losses of Oil and Oil Products During their Transportation and Storage]. Moscow, Nedra Publ, 1981. 248 p. [in Russian].

10. Tugunov P.I., Novoselov V.F., Korshak A.A. *Tipovye raschety pri proektirovani i ekspluatatsii*

neftebaz i nefteprovodov [Typical Calculations in the Design and Operation of Tank Farms and Oil Pipelines]. Ufa, DizainPoligrafServis, 2008. 658 s. [in Russian].

11. Konstantinov N.N. *Bor'ba s poteryami ot ispareniya nefi i nefteproduktov* [Combating Losses from Evaporation of Oil and Oil Products]. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1961. 260 p. [in Russian].

12. Korshak A.A., Rufanova I.M. Aktualizatsiya metodiki prognozirovaniya poter' nefteproduktov ot «malykh dykhanii» rezervuarov [Prediction Technique Update for Petroleum Products Losses Due to Tank «Minor Breathing»]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2021, Issue 2 (130), pp. 60-69. DOI: 10.17122/ntj-oil-2021-2-60-69. [in Russian].

13. Budarov I.P. *Poteri ot ispareniya motornykh topliv pri khraneni* [Evaporation Losses of Motor Fuels During Storage]. Moscow, VNIIST Publ., 1961. 263 p. [in Russian].

14. *Prikazom Minenergo RF № 281 ot 16.04.2018. «Ob utverzhdenii norm estestvennoi ubyli nefteproduktov pri khraneni»* [Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation No. 281 of April 16, 2018. «On Approval of the Norms of Natural Loss of Petroleum Products During Storage»]. Informatsionno-pravovoe obespechenie «Garant». Available at: <https://base.garant.ru/72010020/> (accessed 22.09.2021). [in Russian].

Информация об авторах

• Коршак Алексей Анатольевич, д-р техн. наук, профессор
Научно-технический центр
ООО «НИИ Транснефть»
Заведующий лабораторией экологии
и разработки ресурсосберегающих технологий
450055, г. Уфа, пр. Октября, 144/3
e-mail: KorshakAA@niitnn.transneft.ru

• Руфанова Инна Михайловна, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Доцент кафедры «Гидрогазодинамика
трубопроводных систем и гидромашин»
Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: iru412@mail.ru

Information about the authors

• Korshak Alexey A., Doctor of Engineering Sciences, Professor
Scientific and Technical Center, Transneft Research Institute, LLC
Head of Ecology and Development
of Resource-Saving Technologies Laboratory
144/3, Otyabrya ave., Ufa, 450055
e-mail: KorshakAA@niitnn.transneft.ru

• Rufanova Inna M., Candidate of Engineering Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Fluid-Gas Dynamics
of Pipeline Systems and Hydraulic Machines
Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: iru412@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.11.2021; одобрена после рецензирования 01.12.2021; принята к публикации 10.01.2022.

The article was submitted 01.11.2021; approved after reviewing 01.12.2021; accepted for publication 10.01.2022.