



## Снижение затрат энергоресурсов при регенерации растворителя на установке деасфальтизации гудрона



Артём В. Мясоедов	<sup>1</sup>	<a href="mailto:myasoedov.artiom@ya.ru">myasoedov.artiom@ya.ru</a>	
Сергей В. Попов	<sup>1</sup>	<a href="mailto:svpopov2018@ya.ru">svpopov2018@ya.ru</a>	 0000-0003-0533-9049
Оксана В. Хабибрахманова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:chemicaluniversity@mail.ru">chemicaluniversity@mail.ru</a>	 0000-0002-1523-9861

<sup>1</sup> Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Мironova, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия

**Аннотация.** Для установок пропановой деасфальтизации гудрона характерна достаточно большая энергоёмкость технологического процесса. С целью её снижения выполнена оценка возможности уменьшения расхода пара при регенерации пропана из асфальтового раствора. Исследование проводили с использованием моделирующей системы Honeywell UniSim Design, в которой сформировали модель установки пропановой деасфальтизации гудрона. В качестве математического пакета для расчета термодинамических свойств компонентов фракций использовали метод Peng-Robinson. Компонентный состав сырья представлен нефтяными фракциями с температурами кипения от 405 до 616 °С. При проведении вычислительного эксперимента использовали следующие значения технологических параметров: расход гудрона 38,9 т/час, отношение (пропан: сырье) составляло (6,4:1), выход деасфальтизата порядка 30 % мас. Выполненный анализ типовой схемы регенерации пропана из асфальтового раствора показал, что в технологическом потоке, поступающем на питание отпарной колонны К-6, уже присутствует достаточно большое количество паровой фазы, состоящей практически из пропана и следов нефтяных фракций. Для эффективного использования энергии потока без привлечения дополнительных энергетических затрат целесообразно разделить газовую и жидкую фазы до их поступления в колонну К-6, то есть перед ней включить в технологическую схему дополнительный сепаратор. Проведенный вычислительный эксперимент показал, что в предложенном варианте технологической схемы требуемый для выделения пропана расход пара уменьшается на 17,5 %, что соответственно для последующих аппаратов схемы снижает количество воды, сбрасываемой в канализацию. Оптимизация технологических режимов отпарной колонны К-6 обеспечивает четкое выделение пропана, в потоке которого содержание битумных фракций составляет 0,03% мол., что делает возможным в промышленных условиях возвращать поток пропана на питание экстракционной колонны. Предлагаемое технологическое решение для регенерации пропана может использоваться в процессах одно- и двухступенчатой деасфальтизации гудрона.

**Ключевые слова:** гудрон, пропан, установка деасфальтизации гудрона, деасфальтизат, раствор асфальта, сепаратор, отпарная колонна, энергосбережение, Honeywell UniSim Design

## Reducing energy costs during solvent regeneration at the tar deasphalting unit

Artyom V. Myasoedov	<sup>1</sup>	<a href="mailto:myasoedov.artiom@ya.ru">myasoedov.artiom@ya.ru</a>	
Sergey V. Popov	<sup>1</sup>	<a href="mailto:svpopov2018@ya.ru">svpopov2018@ya.ru</a>	 0000-0003-0533-9049
Oksana V. Khabibrakhmanova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:chemicaluniversity@mail.ru">chemicaluniversity@mail.ru</a>	 0000-0002-1523-9861

<sup>1</sup> Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia

**Abstract.** For propane tar deasphalting units, a rather high energy intensity of the technological process is characteristic. In order to reduce it, an assessment was made of the possibility of reducing the steam consumption during the regeneration of propane from asphalt solution. The study was carried out using a Honeywell UniSim Design modeling system, in which a model of a propane tar deasphalting unit was formed. The Peng-Robinson method was used as a mathematical package for calculating the thermodynamic properties of the components of the fractions. The component composition of the feedstock is represented by oil fractions with boiling points from 405 to 616 °C. When carrying out a computational experiment, the following values of technological parameters were used: the tar consumption was 38.9 t/h, the ratio (propane: raw material) was (6.4: 1), the yield of deasphalted oil was about 30 wt%. The performed analysis of a typical scheme for the regeneration of propane from asphalt solution showed that in the process stream supplied to the feed of the stripping column K-6, there is already a sufficiently large amount of a vapor phase consisting practically of propane and traces of oil fractions. To efficiently use the energy of the flow without attracting additional energy costs, it is advisable to separate the gas and liquid phases before they enter the column K-6, that is, to include an additional separator in the technological scheme before it. The performed computational experiment showed that in the proposed version of the technological scheme, the steam consumption required for the release of propane decreases by 17.5%, which, accordingly, for the subsequent devices of the scheme, reduces the amount of water discharged into the sewage system. Optimization of technological modes of the stripping column K-6 provides a clear separation of propane, in the flow of which the content of bitumen fractions is 0.03 mol%, which makes it possible in industrial conditions to return the flow of propane to the feed of the extraction column. The proposed technological solution for propane recovery can be used in the processes of one- and two-stage tar deasphalting.

**Keywords:** tar, propane, tar deasphalting plant, deasphalting, asphalt solution, separator, stripping column, energy saving, Honeywell UniSim Design

### Введение

Для нефтехимических процессов постоянно возрастающая стоимость энергоресурсов (водяной пар, электроэнергия) определяет необходимость поиска различных вариантов энергосбережения. В технологии процесса

деасфальтизации нефтяных остатков в качестве растворителя используют пропан или пропан-бутановую фракцию, при этом для установок пропановой деасфальтизации гудрона характерна достаточно большая энергоёмкость технологического процесса [1, 2]. В этом процессе

#### Для цитирования

Мясоедов А.В., Попов С.В., Хабибрахманова О.В. Снижение затрат энергоресурсов при регенерации растворителя на установке деасфальтизации гудрона // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 202–207. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-202-207

#### For citation

Myasoedov A.V., Popov S.V., Khabibrakhmanova O.V. Reducing energy costs during solvent regeneration at the tar deasphalting unit. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 202–207. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-202-207

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

пропан выполняет функции и коагулятора асфальто-смолистых веществ и избирательного растворителя по отношению к требуемым компонентам нефтяных фракций [3].

С целью снижения энергоёмкости установок пропановой деасфальтизации проводят их модернизацию с изменением аппаратного оформления процесса, оптимизируют режимы работы массообменных аппаратов [4]. В работе [5] с использованием программного пакета SimSci-Esscor Pro II был проведен поверочный расчет основного и вспомогательного оборудования и оценены характеристики получаемого асфальта.

**Цель работы** – исследование возможности снижения расхода пара при регенерации пропана из асфальтового раствора установки пропановой деасфальтизации гудрона.

### Методы

При изучении процесса пропановой деасфальтизации гудрона необходимо учитывать разнообразие фракционного состава сырья, данные по фазовому состоянию систем, сведения по фазовым переходам компонентов нефтяных фракций, особенности пропана как растворителя-коагулятора и одновременно избирательного растворителя, соотношения количества пропана к сырью.

Исследования проводили с использованием моделирующей системы Honeywell UniSim Design [6], в которой сформировали модель установки пропановой деасфальтизации гудрона. В качестве математического пакета для расчета термодинамических свойств компонентов фракций использовали метод Peng-Robinson.

Компонентный состав сырья представлен нефтяными фракциями с температурами кипения от 405 до 616°С. График ИТК разгонки гудрона приведен на рисунке 1, значение средней молярной массы составляет 409.5 кг/кмоль [7–20].

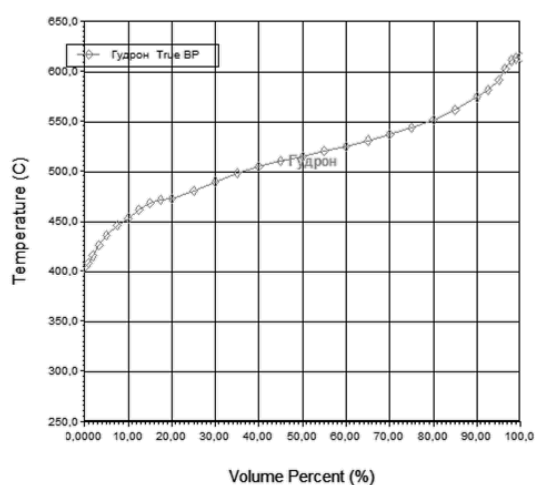


Рисунок 1. График ИТК разгонки гудрона

Figure 1. TBP schedule tar distillation

На рисунке 2 показан фрагмент «типовой» технологической схемы пропановой деасфальтизации гудрона, демонстрирующий этапы регенерации пропана из асфальтового раствора. При проведении вычислительного эксперимента использовали следующие значения технологических параметров: расход гудрона 38.9 т/час, отношение (пропан:сырье) составляло (6.4:1), выход деасфальтизата порядка 30% мас.

Поток раствора асфальта (**битум 2**) из экстрактора дросселируется в клапане VLV-110 с 3923 до 2723 кПа, нагревается в теплообменнике Т-101 до 115°С (VLV-110 и Т101 на рисунке 2 не показаны) и поступает в печь П-1а для разогрева до 219°С, затем поток **битум 3** подается в испаритель Э-2а. Газовая фаза (поток **пропан 13**) состоит в основном из пропана (99.99% мол.) и малого количества унесенных битумных фракций (0.01% мол.), а в жидкой фазе (поток **битум 4**) содержится до 10.68% мол. пропана. Задачей последующих аппаратов схемы является полное выделение пропана из жидкой фазы. Необходимость этого объясняется тем, что неполная регенерация пропана может привести к выходу из строя секций теплообменников, в трубах которых возможно отложение компонентов смеси и, как следствие, их забивка. Из-за высокой вязкости раствора асфальта затрудняется отделение пропана, поэтому наблюдается вспенивание асфальта. Для предотвращения этого физического процесса в промышленных условиях используют антипенные присадки. После аппарата Э-2а снижают давление потока в клапане VLV-111 до 150 кПа и направляют его (поток **битум 5**) в отпарную колонну К-6. Расчеты по модели показывают, что для отгонки 10.68% мол. пропана из раствора асфальта потребуется минимальный энергетический поток пара порядка 1.224е<sup>6</sup> кДж/час.

### Результаты и обсуждение

Снижение давления потока **битум 5** приводит к однократному испарению его компонентов до доли отгона порядка  $\epsilon = 0.0986$ , то есть в данном потоке уже присутствует достаточно большое количество паровой фазы, состоящей практически из пропана и следов нефтяных фракций (таблица 1, столбец Vapour Phase). Для эффективного использования энергии потока без привлечения дополнительных энергетических затрат целесообразно разделить газовую и жидкую фазы до их поступления в колонну К-6, то есть перед ней включить в технологическую схему дополнительный сепаратор С1доп (рисунок 3).

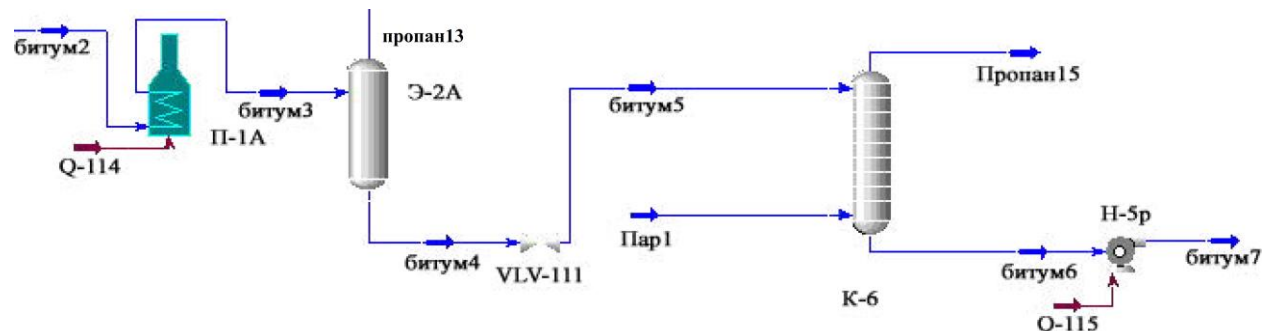


Рисунок 2. Фрагмент «типовой» технологической схемы установки деасфальтизации (распечатка в среде Honeywell UniSim Design)

Figure 2. Fragment of a "typical" technological scheme of a deasphalting plant (printout in Honeywell Uni-Sim Design environment)

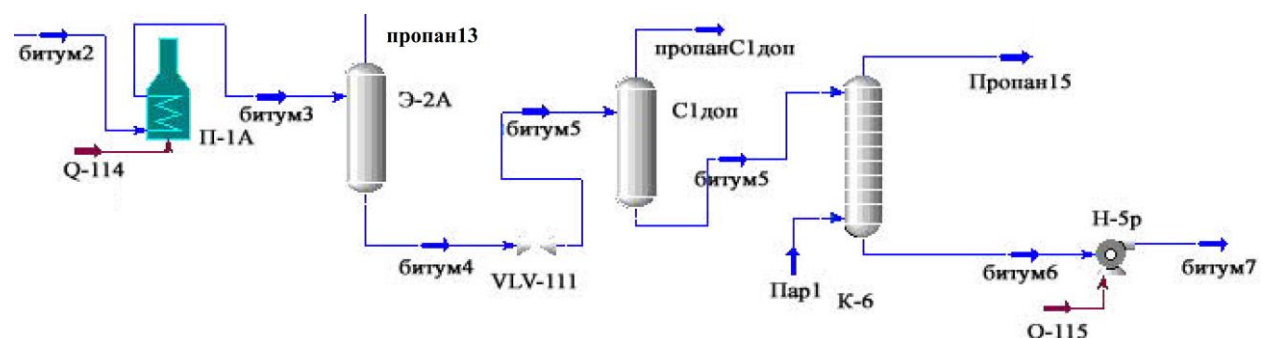


Рисунок 3. Фрагмент технологической схемы установки деасфальтизации гудрона с дополнительным сепаратором пропана С1доп (распечатка в среде Honeywell UniSim Design)

Figure 3. Fragment of the technological scheme of the tar deasphalting unit with an additional C1доп propane separator (printout in Honeywell UniSim Design environment)

Таблица 1.

Фракционный состав потока **битум 5** (распечатка в среде Honeywell UniSim Design)

Table 1.

Fractional composition of **битум 5** stream (printout in Honeywell UniSim Design environment)

	Mole Fractions	Vapour Phase	Liquid Phase
Propane	0,106862	0,999885	0,010311
H2O	0,000000	0,000000	0,000000
NBP[0]405*	0,002390	0,000010	0,002647
NBP[0]420*	0,004661	0,000011	0,005164
NBP[0]448*	0,041194	0,000033	0,045644
NBP[0]473*	0,122540	0,000036	0,135784
NBP[0]504*	0,210320	0,000017	0,233058
NBP[0]528*	0,241034	0,000006	0,267093
NBP[0]556*	0,165516	0,000001	0,183411
NBP[0]583*	0,074893	0,000000	0,082990
NBP[0]616*	0,030590	0,000000	0,033897

В результате разделения потока **битум 5** в аппарате **С1доп** в потоке **пропанС1доп** содержание регенерированного пропана составляет 99.97% мол. (уносимые нефтяные фракции – 0.03% мол.). Остаточное содержание пропана в растворе асфальта (поток **битум 5**) ~ 1% мол.

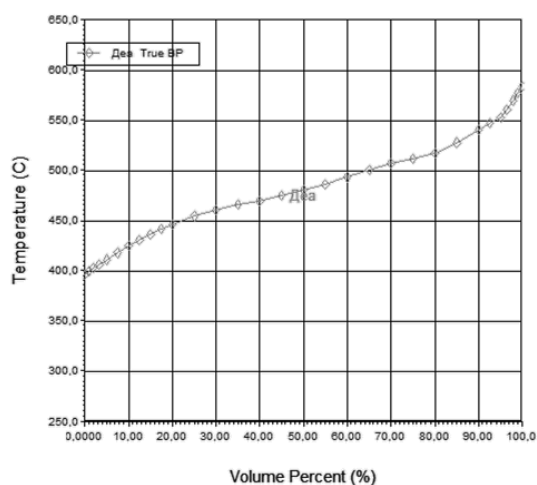
Дальнейшее выделение пропана в отпарной колонне **К-6** потребует энергетический поток пара порядка  $1.01 \cdot 10^6$  кДж/час. Сравнение расходов пара в колонне **К-6** показывает, что в схеме

с дополнительным сепаратором (рисунок 3) обеспечивается снижение требуемого расхода пара и соответственно теплового потока на величину  $(1.224 - 1.01) \cdot 10^6 = 17.5\%$  по сравнению с «типовым» вариантом схемы.

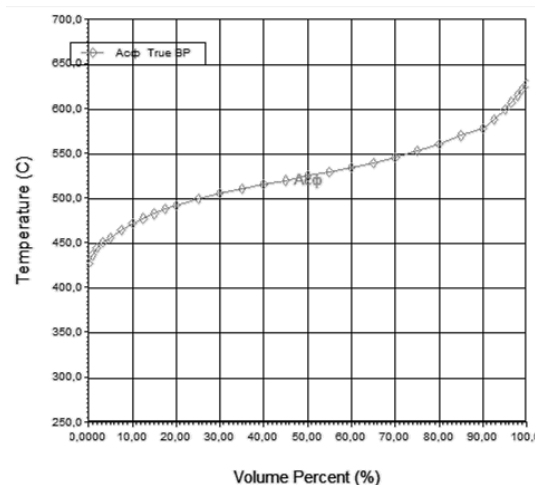
Графики ИТК разгонки полученных фракций деасфальтизата и асфальта приведены на рисунке 4. Расчетные оценки средней молярной массы выделенных продуктов составляют: для деасфальтизата  $M_{\text{деасф}} = 376.5$  кг/кмоль; для асфальта  $M_{\text{асф}} = 423.3$  кг/кмоль.

В соответствии с технологической схемой пропановой деасфальтизации гудрона выходящие из отпарных колонн потоки регенерированного пропана содержат воду, поэтому они направляются в колонну-конденсатор, где через орошение

водой из потока пропана удаляют воду. В предложенной схеме (рисунок 3) за счет уменьшения расхода пара уменьшается требуемый расход воды в колонне-конденсаторе и, как следствие, снижается её количественный сброс в канализацию.



(a)



(b)

Рисунок 4. Графики ИТК разгонки фракций деасфальтизата (a) и асфальта (b) (распечатка в среде UniSim Design)

Figure 4. Graphs of TBP for distillation of deasphalted (a) and asphalt (b) fractions (printout in UniSim Design environment)

### Закключение

Проведенный вычислительный эксперимент позволяет сделать следующие выводы.

Предложена энергосберегающая технология регенерации пропана из асфальтового раствора установки пропановой деасфальтизации гудрона, обеспечивающая снижение расхода пара на величину порядка 17.5% за счет включения в технологическую схему дополнительного сепаратора.

Оптимизация технологических режимов отпарной колонны К-6 обеспечивает четкое

выделение пропана, в потоке которого содержание битумных фракций составляет 0.03% мол., что делает возможным в промышленных условиях возвращать поток пропана на питание экстракционной колонны.

Из анализа потоков технологической схемой установки деасфальтизации гудрона следует, что за счет снижения расхода пара уменьшается количество воды, сбрасываемой в канализацию.

Предложенная технологическая схема регенерации пропана может использоваться в процессах одно- и двухступенчатой деасфальтизации гудрона.

### Литература

- 1 Халикова Д.А., Петров С.М., Башкирцева Н.Ю. Обзор перспективных технологий переработки тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №. 3.
- 2 Хайрудинов И.Р., Султанов Ф.М., Кутын Ю.А., Тихонов А.А. и др. Процесс сольвентной деасфальтизации-перспективная основа для достижения высокой глубины переработки нефти // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2011. №. 3. С. 17-19.
- 3 Магомедов Р.Н., Припахайло А.В., Марютина Т.А. Влияние наночастиц оксида железа на эффективность сольвентной деасфальтизации нефтяного остатка субкритическим пентаном // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. 2019. Т. 14. №. 3. С. 56-63.
- 4 Дегтярёв П.А., Замковой Н.П., Шмаков Н.В. Модернизация установки деасфальтизации гудрона пропаном 36/2 м цеха 101 завода масел ОАО «АНХК» // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2013. № 2 (5). С. 66–71.
- 5 Заббаров Р.Р., Ахмитшин А.А., Валеева Н.Г. Моделирование процесса деасфальтизации природных битумов и тяжелых нефтяных остатков // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 18. Т. 16. С. 270–271.
- 6 Ахметов А.Ф., Красильникова Ю.В., Герасимова Е.В. Особенности переработки тяжелых нефтяных остатков // Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9. №. 1. С. 101.
- 7 Li L., Liu Y., Wu K., Liu C. et al. Catalytic solvent regeneration of a CO<sub>2</sub>- loaded MEA solution using an acidic catalyst from industrial rough metatitanic acid // Greenhouse Gases: Science and Technology. 2020. V. 10. №. 2. P. 449-460. doi: 10.1002/ghg.1839

- 8 Wang T., Yu W., Le Moullec Y., Liu F. et al. Solvent regeneration by novel direct non-aqueous gas stripping process for post-combustion CO<sub>2</sub> capture // *Applied Energy*. 2017. V. 205. P. 23-32. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.07.040
- 9 Leimbrink M., Sandkämper S., Wardhaugh L., Maher D. et al. Energy-efficient solvent regeneration in enzymatic reactive absorption for carbon dioxide capture // *Applied energy*. 2017. V. 208. P. 263-276. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.042
- 10 Bhatti U.H., Nam S., Park S., Baek I.H. Performance and mechanism of metal oxide catalyst-aided amine solvent regeneration // *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2018. V. 6. № 9. P. 12079-12087. doi: 10.1021/acssuschemeng.8b02422
- 11 Султанов Ф.М., Хайрудинов И.Р., Шоипов Х.С., Насыров Р.К. и др. Модернизация блока регенерации растворителя из деасфальтизационного раствора на установках деасфальтизации типа 36/2, 36/2М с целью снижения энергозатрат // *Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний*. 2014. № 2. С. 12-15.
- 12 Султанов Ф.М., Ахметов С.А., Султанбаев А.Ю. Оптимизация базовой установки деасфальтизации гудрона // *Сетевое издание «Нефтегазовое дело»*. 2014. № 5. С. 313-323.
- 13 Замковой Н.П., Смоляр А.В. Повышение эффективности установки деасфальтизации гудрона // *Современные технологии и научно-технический прогресс*. 2019. Т. 1. С. 15-16.
- 14 Замковой Н.П., Подоплелов Е.В., Деметьев А.И. Повышение эффективности работы установки деасфальтизации гудрона пропаном // *Вестник Ангарского государственного технического университета*. 2019. Т. 1. № 13. С. 40-44.
- 15 Подземельнов Ф.И., Корчагина Т.К. Повышение эффективности работы установки деасфальтизации гудрона пропаном // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017. № 6-2. С. 224-225.
- 16 Long J., Shen B., Ling H., Zhao J. Nonconventional vacuum residue upgrading blended with coal tar by solvent deasphalting and fluid catalytic cracking // *Industrial & engineering chemistry research*. 2012. V. 51. № 7. P. 3058-3068. doi: 10.1021/ie202407u
- 17 Ruitian S., Dong L.I., Liangjun P.E.I., Yang Y.U.A.N. Effect of Deasphalting Solvent on Structure of Coal Tar Asphaltene // *Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section)*. 2017. V. 33. № 6. P. 1209.
- 18 Long J., Shen B., Zhao J., Ling H. et al. Mechanism of improving atmospheric solvent deasphalting process by vacuum residue blending with coal tar // *Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section)*. 2012. V. 1.
- 19 Shin S., Lee J.M., Hwang J.W., Jung H.W. et al. Physical and rheological properties of deasphalted oil produced from solvent deasphalting // *Chemical Engineering Journal*. 2014. V. 257. P. 242-247. doi: 10.1016/j.cej.2014.07.037
- 20 Magomedov R.N., Pripakhailo A.V., Maryutina T.A. Effect of the Phase State of the Solvent on Solvent Deactivation of Tar by n-Pentane // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 2019. V. 54. № 6. P. 721-732. doi: 10.1007/s10553-019-00979-w

## References

- 1 Khalikova D.A., Petrov S.M., Bashkirtseva N.Yu. Review of promising technologies for processing heavy high-viscosity oils and natural bitumen. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2013. vol. 16. no. 3. (in Russian).
- 2 Khairudinov I.R., Sultanov F.M., Kutin Yu.A., Tikhonov A.A. et al. The process of solvent deasphalting is a promising basis for achieving high depth of oil refining. *World of oil products. Bulletin of oil companies*. 2011. no. 3. pp. 17-19. (in Russian).
- 3 Magomedov R.N., Pripahaylo A.V., Maryutina T.A. Influence of iron oxide nanoparticles on the efficiency of solvent deasphalting of oil residue with subcritical pentane. *Supercritical fluids: Theory and practice*. 2019. vol. 14. no. 3. pp. 56-63. (in Russian).
- 4 Degtyarev P.A., Zamkovoy N.P., Shmakov N.V. Modernization of the tar deasphalting unit with propane 36/2 m of shop 101 of the oil plant of JSC "АННХ". *Izvestiya vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2013. no. 2 (5). pp. 66-71. (in Russian).
- 5 Zabbarov R.R., Akhmitshin A.A., Valeeva N.G. Modeling the process of deasphalting natural bitumen and heavy oil residues. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2013. no. 18. vol. 16. pp. 270-271. (in Russian).
- 6 Akhmetov A.F., Krasilnikova Yu.V., Gerasimova E.V. Features of processing heavy oil residues. *Oil and Gas Business*. 2011. vol. 9. no. 1. pp. 101. (in Russian).
- 7 Li L., Liu Y., Wu K., Liu C. et al. Catalytic solvent regeneration of a CO<sub>2</sub>- loaded MEA solution using an acidic catalyst from industrial rough metatitanic acid. *Greenhouse Gases: Science and Technology*. 2020. vol. 10. no. 2. pp. 449-460. doi: 10.1002/ghg.1839
- 8 Wang T., Yu W., Le Moullec Y., Liu F. et al. Solvent regeneration by novel direct non-aqueous gas stripping process for post-combustion CO<sub>2</sub> capture. *Applied Energy*. 2017. vol. 205. pp. 23-32. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.07.040
- 9 Leimbrink M., Sandkämper S., Wardhaugh L., Maher D. et al. Energy-efficient solvent regeneration in enzymatic reactive absorption for carbon dioxide capture. *Applied energy*. 2017. vol. 208. pp. 263-276. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.042
- 10 Bhatti U.H., Nam S., Park S., Baek I.H. Performance and mechanism of metal oxide catalyst-aided amine solvent regeneration. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2018. vol. 6. no. 9. pp. 12079-12087. doi: 10.1021/acssuschemeng.8b02422
- 11 Sultanov F.M., Khairudinov I.R., Shoipov Kh.S., Nasyrov R.K. and others. Modernization of the block of solvent recovery from deasphalted solution at deasphalting units of 36/2, 36 / 2M type in order to reduce energy consumption. *World of oil products. Bulletin of oil companies*. 2014. no. 2. pp. 12-15. (in Russian).
- 12 Sultanov F.M., Akhmetov S.A., Sultanbaev A.Yu. Optimization of the basic unit for tar deasphalting. *Network edition "Oil and Gas Business"*. 2014. no. 5. pp. 313-323. (in Russian).
- 13 Zamkovoy N.P., Smolyar A.V. Improving the efficiency of the tar deasphalting unit. *Modern technologies and scientific and technical progress*. 2019. vol. 1. pp. 15-16. (in Russian).
- 14 Zamkovoy N.P., Podoplelov E.V., Demytyev A.I. Increasing the efficiency of the propane tar deasphalting unit. *Bulletin of the Angarsk State Technical University*. 2019. vol. 1. no. 13. pp. 40-44. (in Russian).
- 15 Podzemelnov F.I., Korchagina T.K. Increasing the efficiency of the propane tar deasphalting unit. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2017. no. 6-2. pp. 224-225. (in Russian).

16 Long J., Shen B., Ling H., Zhao J. Nonconventional vacuum residue upgrading blended with coal tar by solvent deasphalting and fluid catalytic cracking. *Industrial & engineering chemistry research*. 2012. vol. 51. no. 7. pp. 3058-3068. doi: 10.1021/ie202407u

17 Ruitian S., Dong L.I., Liangjun P.E.I., Yang Y.U.A.N. Effect of Deasphalting Solvent on Structure of Coal Tar Asphaltene. *Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section)*. 2017. vol. 33. no. 6. pp. 1209.

18 Long J., Shen B., Zhao J., Ling H. et al. Mechanism of improving atmospheric solvent deasphalting process by vacuum residue blending with coal tar. *Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section)*. 2012. vol. 1.


19 Shin S., Lee J.M., Hwang J.W., Jung H.W. et al. Physical and rheological properties of deasphalted oil produced from solvent deasphalting. *Chemical Engineering Journal*. 2014. vol. 257. pp. 242-247. doi: 10.1016/j.cej.2014.07.037

20 Magomedov R.N., Pripakhailo A.V., Maryutina T.A. Effect of the Phase State of the Solvent on Solvent Deactivation of Tar by n-Pentane. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 2019. vol. 54. no. 6. pp. 721-732. doi: 10.1007/s10553-019-00979-w


#### Сведения об авторах

**Артём В. Мясоедов** магистрант, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, myasoedov.artiom@ya.ru

**Сергей В. Попов** к.т.н., доцент, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, svpopov2018@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0533-9049>

**Оксана В. Хабибрахманова** к.х.н., доцент, кафедра химии и химической технологии, Самарский государственный технический университет, филиал в г. Новокуйбышевске, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, chemicaluniversity@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1523-9861>

#### Вклад авторов

**Артём В. Мясоедов** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, разработал модели и провел вычислительный эксперимент

**Сергей В. Попов** разработал модели и провел вычислительный эксперимент

**Оксана В. Хабибрахманова** консультация в ходе исследования


#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


#### Information about authors

**Artyom V. Myasoedov** master student, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, myasoedov.artiom@ya.ru

**Sergey V. Popov** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, svpopov2018@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0533-9049>

**Oksana V. Khabibrakhmanova** Cand. Sci. (Chem.), associate professor, chemistry and chemical technology department, Samara State Technical University, branch in Novokuibyshevsk, st. Mironova, 5, Novokuibyshevsk, 446200, Russia, chemicaluniversity@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1523-9861>

#### Contribution

**Artyom V. Myasoedov** review of the literature on an investigated problem, developed models and conducted a computational experiment

**Sergey V. Popov** developed models and conducted a computational experiment

**Oksana V. Khabibrakhmanova** consultation during the study

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 14/04/2021	После редакции 10/05/2021	Принята в печать 01/06/2021
Received 14/04/2021	Accepted in revised 10/05/2021	Accepted 01/06/2021