УДК 004.4:533.1

ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПО ДЛЯ РАСЧЕТА PVT-СВОЙСТВ

OVERVIEW OF DOMESTIC SOFTWARE FOR CALCULATING PVT PROPERTIES

Гарипов Азат Радикович
студент 1-го курса магистратуры,
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
azgar06@mail.ru

Легковой Герман Вячеславович
студент 1-го курса магистратуры,
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
legkovoy@gmail.com

Аннотация. В современной нефтегазовой отрасли расчет фазовых равновесий играет ключевую роль в проектировании и эксплуатации месторождений, а также в разработке и оптимизации технологических процессов. Актуальность данного направления обусловлена необходимостью точного предсказания поведения углеводородных систем в различных условиях, что в свою очередь требует использования надежного и функционального программного обеспечения для моделирования данных систем. Целью данной статьи является обзор современных отечественных программных продуктов, предназначенных для расчета PVT-свойств и фазовых равновесий углеводородов, с акцентом на их возможности, особенности и сферы применения.

Ключевые слова: расчет PVT-свойств, программа, фазовое равновесие, PVT, уравнение состояния, продукт.

Garipov Azat Radikovich
1st year Master's Student,
Ufa State Petroleum University
azgar06@mail.ru

Legkovoj German Vyacheslavovich
1st year Master's Student,
Ufa State Petroleum University
legkovoy@gmail.com

Annotation. In the modern oil and gas industry, the calculation of phase equilibria plays a key role in the design and operation of fields, as well as in the development and optimization of technological processes. The relevance of this area is due to the need for accurate prediction of the behavior of hydrocarbon systems under various conditions, which in turn requires the use of reliable and functional software for modeling these systems. The aim of this article is to review modern domestic software products designed for calculating PVT properties and phase equilibria of hydrocarbons, with a focus on their capabilities, features, and applications.

Keywords: calculation of PVT properties, software, phase equilibrium, PVT, equation of state, product.

Введение

Расчет фазового равновесия в классической термодинамике производится на основе уравнения состояния. В нефтегазовой отрасли широкое применение получили уравнения состояния Пенга-Робинсона, Соаве-Редлиха-Квонга и их модификации [1, 2]. Знание фазового поведения многокомпонентных систем позволяет прогнозировать условия образования и разделения фаз, оптимизировать технологические процессы [1, 2, 3, 4].

На данный момент существует множество программных пакетов, среди которых наиболее известными и широко используемыми являются Calsep, Multiflash, HYSIS. В настоящее время уделяется особое внимание созданию и развитию отечественных программных продуктов.

В данной работе приведен обзор современных отечественных программных продуктов, предназначенных для расчета PVT-свойств и фазовых равновесий углеводородов, с акцентом на их возможности и особенности [4].

СТАРС

СТАРС – это комплексное решение для расчета теплофизических свойств и фазовых равновесий углеводородных систем. Программа обладает широким функционалом, позволяет проводить анализ как индивидуальных веществ, так и их смесей в различных условиях [5].

Основные возможности включают расчет плотности, коэффициента сжимаемости, вязкости, энтропии, давления насыщенных паров, теплопроводности и других важных параметров как для жидкой, так и для газовой фазы. Также, стоит отметить, что программа содержит в себе библиотеку необходимых компонентов для моделирования физических процессов, инструменты для анализа фазовых равновесий, включая однократное испарение, расчет давления и температуры точки кипения, что делает его незаменимым инструментом при решении множества специализированных задач [5].

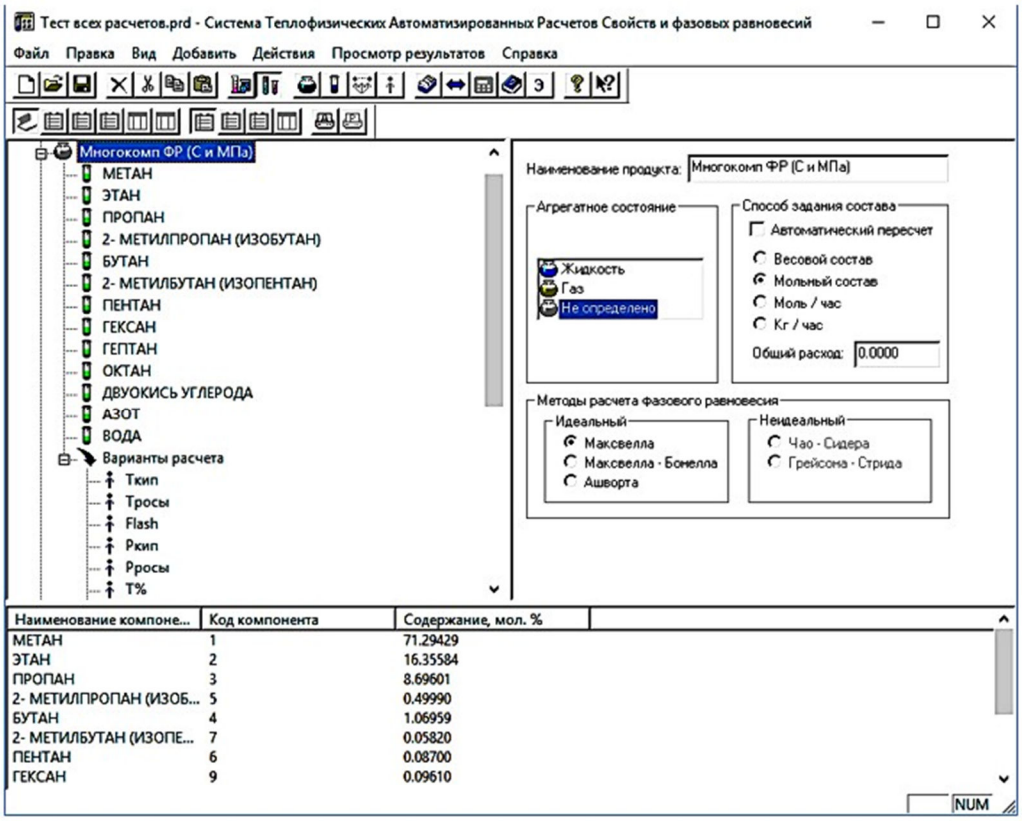

Рисунок 1 – интерфейс программы СТАРС

NERSim

Команда разработчиков ПО ставила перед собой задачу создать интуитивно понятное программное обеспечение для инженеров-технологов по моделированию химико-технологических процессов и расчету теплофизических свойств веществ и их смесей [6].

Данный инструмент отлично подходит для расчета фазового равновесия пар-жидкость и предлагает широкий спектр для анализа и проектирования углеводородных систем.

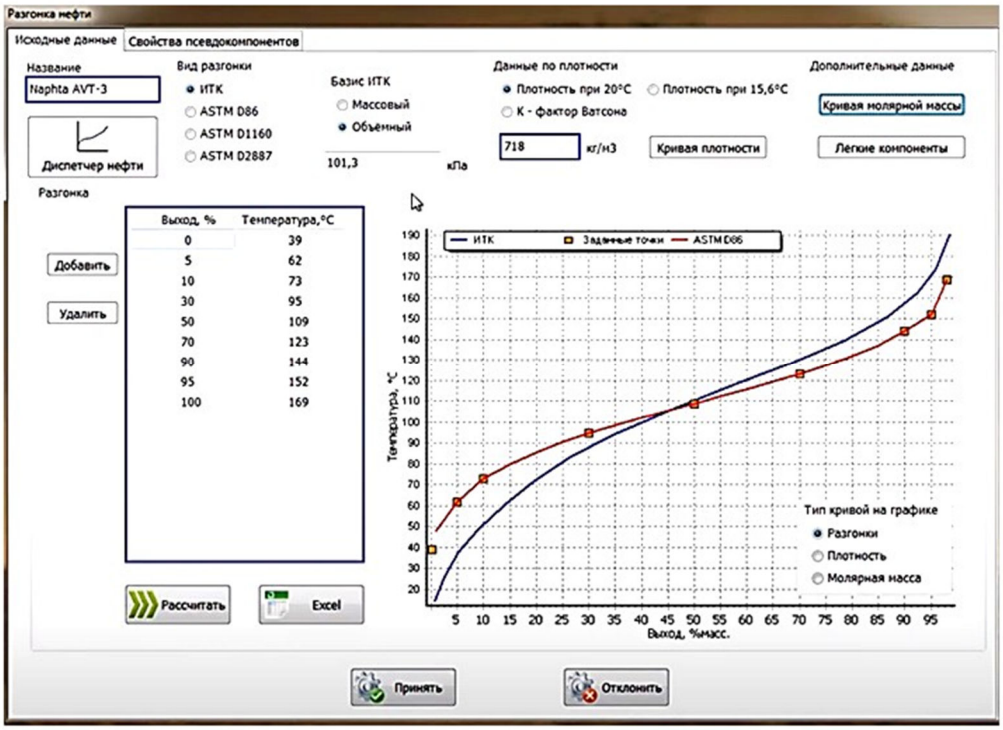

Рисунок 2 – Интерфейс программы NERSim, раздел «Разгонка нефти»

Стоит отметить, что данное ПО не единственное в линейке производителя. Так, существует программа SEPSim, которая предлагает расчет конструкции и производительности сепарационного оборудования. Вкупе с тем фактом, что NERSim имеет в себе функционал для построения технологических схем, можно сделать вывод о том, что разработчик данного ПО делает ставку на производственные расчеты [5].

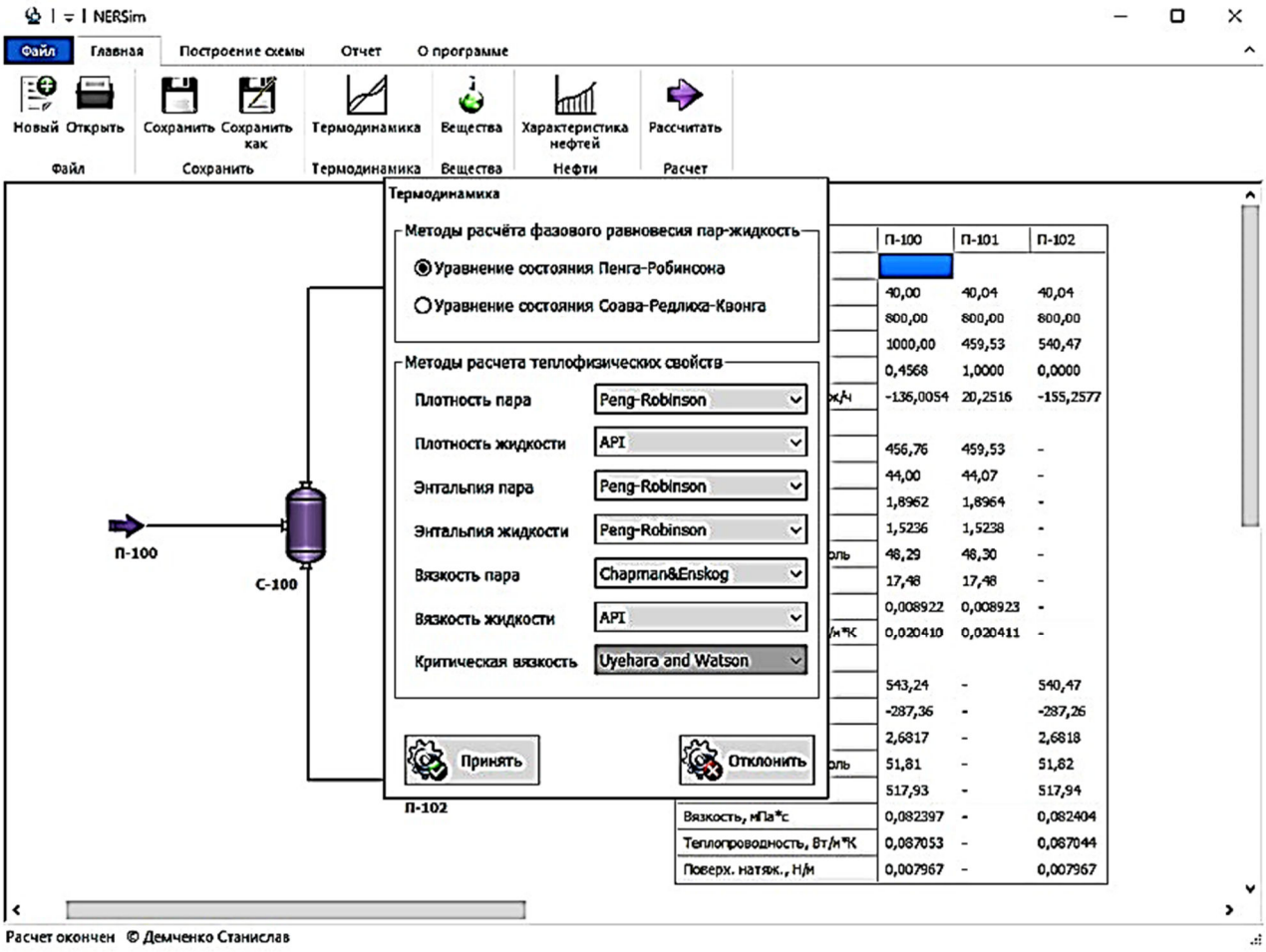

Рисунок 3 – Работа программы NERSim

Программа имеет встроенную библиотеку компонентов, а также возможность создания псевдокомпонента с известными данными. Интерфейс построен на технологии Ribbon [7], а также более прост и понятен в сравнении с конкурентами, поскольку используется цветовое отображение вводимых данных в зависимости от действий пользователя. Расчет фазовых равновесий, в данном случае, реализован на основе уравнения состояния Пенга-Робинсона и уравнения состояния Редлиха-Квонга [1, 2, 3, 4].

PVT дизайнер в ПО tNavigator

Основным отличием PVT-дизайнера от остальных продуктов в данном обзоре является его интеграция с остальными микросервисами. Так, один только PVT-дизайнер позволяет рассчитывать фазовые диаграммы и PVT-свойства флюидов. Интеграция PVT-дизайнера позволяет использовать рассчитанные данные как входные параметры в других микросервисах [8].

PVT-дизайнер во многом является лидером среди подобных программ и обеспечивает мощную аналитическую поддержу, ввиду ее быстрой работы, широкому функционалу и постоянной поддержки ПО разработчиками и обновлениям. Также, в ней реализована библиотека существующих компонентов, с возможностью задавать псевдокомпоненты со свойствами, определенными по результатам лабораторных исследований [8, 9].

Основным недостатком PVT-дизайнера является сложность интерфейса, из-за которого новому пользователю будет сложно быстро разобраться в его функционале. Тем не менее, создали ПО реализовали серию видеороликов с обучающим материалом для ознакомления [9].

РН-СИМТЕП

РН-СИМТЕП является программным комплексом для моделирования процессов в области транспортировки, подготовки и первичной переработки скважинной продукции [10]. Также, как и в случае с программой NERSim, создатели ориентировались не только на изучение PVT-свойств флюидов,

но и на моделирование технологической цепи при добыче, что включает в себя моделирование объектов подготовки и трубопроводной сети [6, 10].

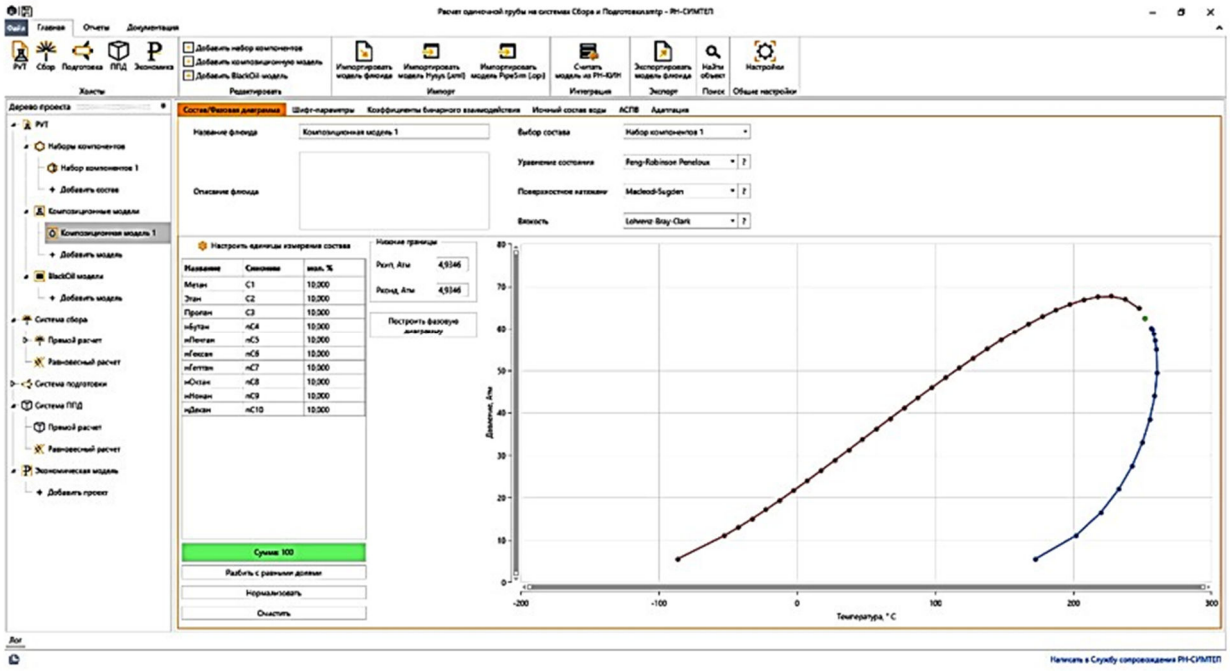

Рисунок 4 – Интерфейс программы РН-СИМТЕП

Данный программный продукт является основным конкурентом tNavigator, ввиду того, что имеет схожий уровень технической поддержки, сравнимую скорость и функционал. На сайте программы указано, что первая версия датируется 2021-м годом и обновляется ежемесячно.

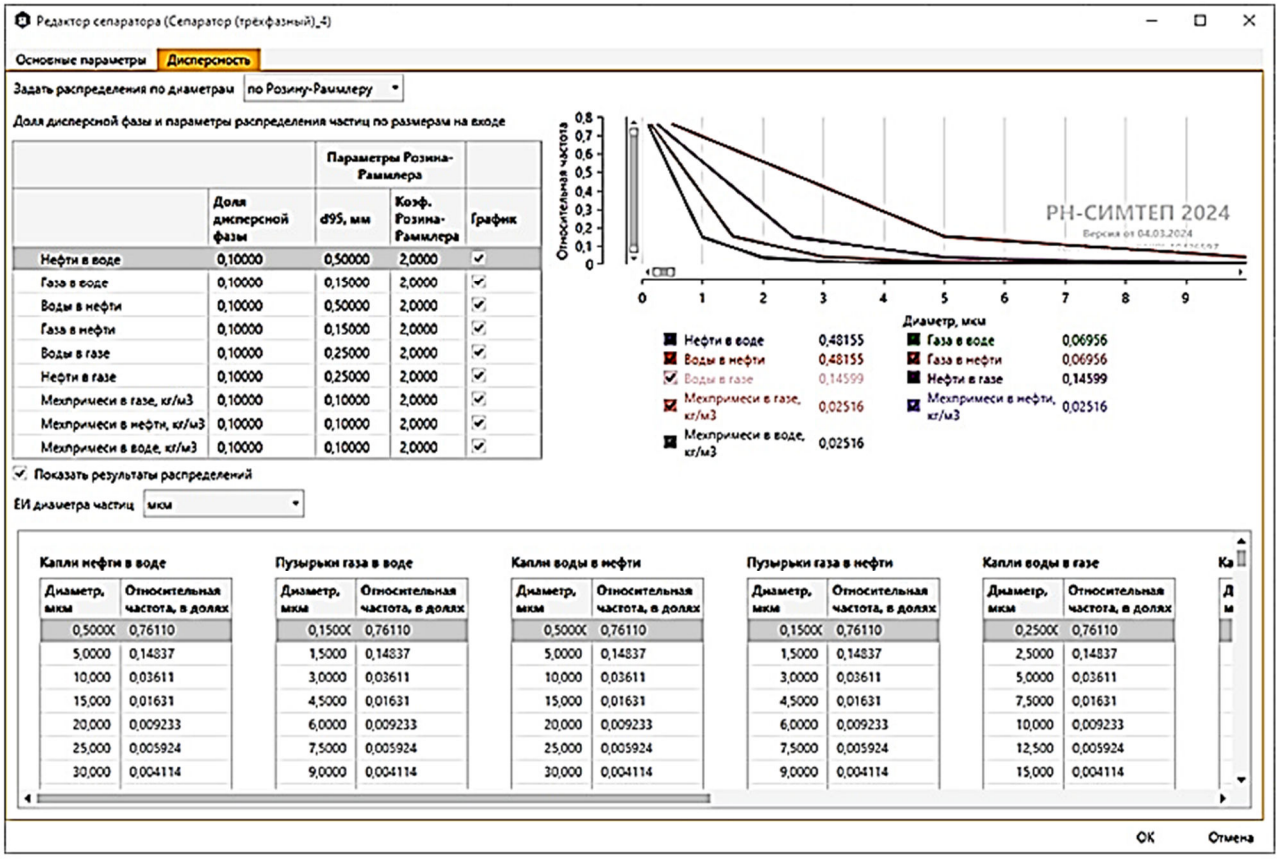

Рисунок 5 – Работа программы РН-СИМТЕП

Вывод

Выбор и использование программного обеспечения для расчета PVT-свойств и фазовых равновесий требуют глубоких знаний и понимания как самой предметной области, так и особенностей работы конкретных программ. В данный момент основными лидерами в области создания ПО для расчета PVT-свойств являются продукты PVT-дизайнер от tNavigator и РН-СИМТЕП, благодаря наиболее широкому функционалу и активной поддержке продуктов, но являются сложными для освоения ввиду наличия большого количества возможностей.

Из этого факта можно сделать вывод о том, что также целесообразным является использование других продуктов – NERSim и СТАРС. Несмотря на то, что функционал данных программ несколько ограничен по сравнению с tNavigator и РН-СИМТЕП, они предоставляют более интуитивный и понятный интерфейс для нового пользователя.

Развитие отечественного программного обеспечения в данной области направлено на удовлетворение потребностей широкого круга специалистов, обеспечивая им мощные и удобные инструменты для решения сложных научных и инженерных задач. Постоянное совершенствование функционала, улучшение интерфейсов пользователя и интеграция современных технологических решений являются ключевыми факторами, обеспечивающими высокий уровень развития и конкурентоспособность отечественного ПО на мировом рынке.

Благодарности

Работа выполнена в рамках реализации программы деятельности научно-образовательного центра мирового уровня «Евразийский научно-образовательный центр мирового уровня» Республики Башкортостан (соглашение № МЛН-НОЦ-7 от 21.11.2023).

Список литературы:

1. Пенг Д.Ю., Робинсон Д.Б. Новое уравнение состояния с двумя постоянными // Инд. англ. Хим. Основ. – 1976. – № 15(1). – С. 59–64.
2. Соаве Г. Константы равновесия из модифицированного уравнения состояния Редлиха-Квонга // Химия. Англ. Наука. – 1972. – № 27(6). – С. 1197–1203.
3. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. – М. : «Грааль», 2002. – 575 с.
4. Малышев В.Л. Сравнительное исследование эмпирических корреляций и уравнений эффективности состояния для определения коэффициента сжимаемости природного газа / В.Л. Малышев, Я.Ф. Нургалиева, Е.Ф. Моисеева // Периодическая литература. – 2021. – Гл. 18. – Ч. 38. – С. 188–213.
5. Программа СТАРС. – URL : https://www.truboprovod.ru/software/stars (дата обращения 20.03.2024).
6. Программа NERSim и SEPSim. – URL : https://nersim.ru (дата обращения 20.03.2024).
7. Ribbon (computing) // Wikipedia. – URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Ribbon_(computing) (дата обращения 29.03.2024).
8. Программа tNavigator. – URL : https://rfdyn.ru/ (дата обращения: 29.03.2024)
9. Обзор модулей tNavigator. – URL : https://www.ipng.ru/scientific-activity/academic/tnav-modules-booklet-2022-ru.pdf (дата обращения 29.03.2024).
10. Программа РН-СИМТЕП. – URL : https://rn.digital/simtep (дата обращения 20.03.2024).

List of references:

1. Peng D.Y., Robinson D.B. A new two-constant equation of state // Ind. Eng. Chem. Fundam. – 1976. – № 15(1). – P. 59–64.
2. Soave G. Equilibrium constants from a modified Redliche-Kwong equation of state // Chem. Eng. Sci. – 1972. – № 27(6). – P. 1197–1203.
3. Brusilovsky A.I. Phase transformations in the development of oil and gas fields. – M. : Grail, 2002. – 575 p.
4. Malyshev V.L. Comparative study of empirical correlations and equations of state effectiveness for compressibility factor of natural gas determination / V.L. Malyshev, Ya.F. Nurgalieva, E.F. Moiseeva // Periodico Tche Quimica. – 2021. – Vol. 18. – № 38. – P. 188–213.
5. STARS program. – URL : https://www.truboprovod.ru/software/stars (date of the application 20.03.2024).
6. NERSim and SEPSim programs. – URL : https://nersim.ru (date of the application 29/03/2024)
7. Ribbon (computing) // Wikipedia. – URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Ribbon_(computing) (date of the application 29/03/2024).
8. TNavigator program. – URL : https://rfdyn.ru (date of the application 29/03/2024).
9. Overview of tNavigator modules. – URL : https://www.ipng.ru/scientific-activity/academic/tnav-modules-booklet-2022-ru.pdf (date of the application 29/03/2024).
10. The PH-SIMTEP program. – URL : https://rn.digital/simtep (date of the application 20/03/2024)