

## ◆◆◆◆◆ КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ ◆◆◆◆◆

УДК 004.415.2

# Создание специализированного программного обеспечения для оперативного подсчета объемов потерь углеводов в резервуарах

**Щербань П.С.** \*

Балтийский Федеральный Университет им. И. Канта  
г. Калининград, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5106-7852>  
e-mail: [ursa-maior@yandex.ru](mailto:ursa-maior@yandex.ru)

**Абу-Хамди Р.В.** \*\*

Московский физико-технический институт  
Физтех-школа прикладной математики и информатики (МФТИ)  
г. Москва, Российская Федерация  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-0529>  
e-mail: [rabouhamdi@gmail.com](mailto:rabouhamdi@gmail.com)

Обеспечение современного хранения углеводов не является тривиальной задачей. Существующие требования, налагаемые природоохранным и противопожарным законодательством, а также экономика производства обязывают собственников резервуарных парков предпринимать меры по учету и сокращению потерь нефтепродуктов. Для решения этой задачи сформирована группа расчетных методик, позволяющая определить объем потерь углеводов в ходе больших и малых дыханий в резервуарных парках. При этом проведение расчетов и подбор соответствующего оборудования по сокращению потерь довольно затруднено для инженерно-технического персонала нефтебаз. В связи с этим на основе методов расчета В.И. Черникина, Ф.Ф. Абузовой и Н.Н. Константинова было создано программное обеспечение по расчету потерь углеводов в резервуарах от больших и малых дыханий, с возможностью хранения данных в течение месяца посуточно и с выдачей системой рекомендаций относительно применения средств сокращения потерь углеводов. Для написания программного кода был использован C# в Visual Studio 2022. Демоверсия программы позволяет рассчитывать объемы потерь нефтепродуктов в вертикальных стальных резервуарах различного объема и при меняющихся условиях внешней среды, а также на основе заложенной базы данных рекомендовать необходимые средства сокращения потерь к установке на рассматриваемый резервуар.



**Ключевые слова:** потери углеводородов, резервуар, управление качеством, управление технологическими процессами, разработка программного обеспечения, методы подсчета, C#.

**Для цитаты:**

Щербань П.С., Абу-Хамди Р.В. Создание специализированного программного обеспечения для оперативного подсчета объемов потерь углеводородов в резервуарах // Моделирование и анализ данных. 2024. Том 14. № 1. С. 155–169. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2024140110>

\*Щербань Павел Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Балтийский Федеральный Университет им. И. Канта (ФГБОУ ВО БФУ им. И. Канта), г. Калининград, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5106-7852>, e-mail: [ursa-maior@yandex.ru](mailto:ursa-maior@yandex.ru)

\*\*Абу-Хамди Реда Валидович, магистрант, Московский физико-технический институт. Физтех-школа прикладной математики и информатики (МФТИ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-0529>, e-mail: [rabouhamdi@gmail.com](mailto:rabouhamdi@gmail.com)

## 1. ВВЕДЕНИЕ

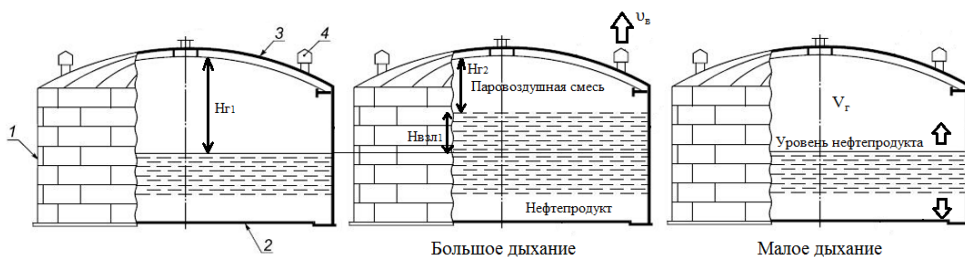
В ходе функционирования резервуаров по хранению углеводородов возникают потери различного рода. Среди них можно выделить две основные группы: потери, обусловленные нарушением правил эксплуатации резервуаров и технологические потери. Нарушение правил эксплуатации предполагает возникновение проливов, смешивания, утечек и находится за пределами настоящей работы, технологические же потери обуславливаются большими и малыми дыханиями, возникающими в ходе естественной эксплуатации резервуара [1]. Большие дыхания возникают при наполнении резервуара, когда поднимающийся столб нефтепродукта вытесняет паровоздушную смесь углеводородов через систему клапанов. Малые дыхания обусловлены входом воздуха и выходом паровоздушной смеси из резервуара при изменении параметров окружающей среды (температура, освещенность, давление).

Учитывая физические характеристики (материал и его теплопроводность, интенсивность солнечного излучения, температуру окружающей среды и давление, объем нефтепродукта и размер резервуара) и химические характеристики (вид нефтепродукта, количество примесей) – можно произвести расчет объемов потерь как при малых, так и при больших дыханиях [2]. Суммируя эти данные, варьирующиеся в течение определенного интервала времени, можно установить суммарный объем потерь. Исходя из получаемого суммарного объема – могут быть подобраны соответствующие средства сокращения потерь углеводородов. Для начала представим аналитические методы расчета больших и малых дыханий, после чего перейдем к разработке соответствующего программного обеспечения, позволяющего значительно снизить трудоемкость задачи, для инженерного персонала, по учету потерь углеводородов в резервуарном парке, а также упростить работу проектировщиков при возникновении запроса на модернизацию нефтебазы.

## 2. МЕТОДИКИ РАСЧЕТА БОЛЬШИХ ДЫХАНИЙ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ

При опорожнении вертикального стального резервуара, в него начинает поступать атмосферный воздух, что приводит к снижению давления паров и началу испарения нефтепродукта до тех пор, пока газовое пространство не насытится [3]. Далее при наполнении резервуара – паровоздушная смесь с находящимися в виде взвеси углеводородами выталкивается из резервуара и возникают потери. Размер потерь от «больших дыханий» напрямую зависит от частоты процесса слива и заполнения резервуара нефтепродуктом и пропорционален объему нефтепродукта, который был помещен в резервуар [4].

Малые дыхания возникают в основном в ходе нагрева резервуара в дневные часы и охлаждения в ночные. Дневной нагрев приводит к увеличению скорости испарения углеводородов и повышению их концентрации в паровоздушной смеси, а, следовательно, увеличению давления в резервуаре [5]. Для снижения избыточного давления часть паровоздушной смеси стравливается системой клапанов в атмосферу [6].



*Рис. 1. Большие и малые дыхания в вертикальных стальных резервуарах*

1 – стенка; 2 – днище; 3 – стационарная крыша; 4 – дыхательный клапан;  $H_{г1}$  – высота газового пространства резервуара перед закачкой нефтепродуктов;  $H_{г2}$  – высота газового пространства резервуара после закачки нефтепродуктов;  $H_{взл1}$  – высота залива нефтепродуктов;  $v_{в}$  – скорость выхода паровоздушной смеси через дыхательный клапан;  $V_{г}$  – объём газового пространства резервуара перед закачкой нефтепродукта

Как уже отмечалось существует несколько методик подсчета объема потерь углеводородов во время больших и малых дыханий. В случае с большими дыханиями в работе принято решение рассматривать методики Ф.Ф. Абузовой и В.И. Черникина (как более точную) для сверки [7].

Ф.Ф. Абузова для вычисления потерь от «больших дыханий» предложила следующее уравнение:

$$G_{бд} = \beta * F_p * \frac{C_s - C}{1 - C} * \tau / 3600, \text{ кг} \quad (1)$$

где:  $\beta$  – коэффициент массоотдачи,  $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{сек}$ ;  $F_p$  – площадь «зеркала» нефти в резервуаре,  $\text{м}^2$ ;  $C_s$  – концентрация насыщенных паров, Па;  $C$  – средняя концентрация нефти



в газовом пространстве, Па; тВ.И. Черникин, усовершенствовал метод расчета «больших» дыханий П.В. Валявского, предложил свою формулу расчета потерь легких фракций углеводорода. Отразим ее с пересчетом массы на килограммы потерянного топлива:

$$G_{\text{бд}} = \left( \left[ \Delta V - V_r \cdot \left( \frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_y} \right) \right] \cdot \frac{P_y}{P_2} \cdot \rho_y \right) * 1000, \text{ кг} \quad (2)$$

где:  $\Delta V$  – объем паровоздушной смеси, вышедшей при заполнении резервуара, м<sup>3</sup>;  $V_r$  – объём газового пространства резервуара перед закачкой нефтепродукта, м<sup>3</sup>;  $P_1$  – абсолютное давление газового пространства в начале закачки, Па;  $P_2$  – абсолютное давление газового пространства в конце закачки, Па;  $P_y$  – среднее расчётное парциальное давление паров нефтепродукта при закачке, Па;  $\rho_y$  – плотность нефти, т/м<sup>3</sup>

Необходимо отметить, что расчеты по формуле В.И. Черникина еще более трудоемки, чем по методике Ф.Ф. Абузовой, и приведем все формульные расчеты по каждой из методик (более 40 формул) в рамках настоящей статьи – не представляется возможным в виду объема. В результате по расчету больших дыханий приводятся лишь итоговые расчетные формулы. В целом обе методики расчетов требуют определения большого числа показателей, в связи с чем их автоматизация крайне востребована.

Для наиболее полного учета всех потерь углеводородов в резервуарах необходимо и установить объемы выбросов при малых дыханиях. Наиболее полной, обоснованной и практически подтвержденной методикой в этом отношении является методика Н.Н. Константинова.

### 3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАЛЫХ ДЫХАНИЙ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ

При изменении температуры и атмосферного давления, давление в газовом пространстве резервуара увеличивается, что может привести к малым дыханиям резервуара [7].

Для расчета потерь от «малых дыханий» Н.Н. Константинов предложил следующую методику вычисления:

$$G_{\text{мд}} = \sigma \cdot \Delta V, \text{ кг} \quad (3)$$

где:  $\sigma$  – среднее массовое содержание паров нефтепродукта в паровоздушной смеси.  $\Delta V$  – вытесняемый объем паровоздушной смеси.

При этом для расчета среднего массового содержания паров нефтепродуктов в паровоздушной смеси резервуара и вытесняемого объема требуется дополнительное определение ряда показателей [8]. Так, например, среднее массовое содержание паров нефтепродуктов в паровоздушной смеси резервуара будет рассчитываться по формуле:

$$\sigma = \frac{P_{\text{max}} + P_{\text{min}}}{R_{\text{п}} * (T_{\text{rmax}} + T_{\text{rmin}})}, \text{ кг/м}^3 \quad (4)$$



где:  $R_n$  – газовая постоянная паров бензина, Дж/(моль·К)  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$  – минимальная и максимальная температура газового пространства резервуара в течение суток, К;  $P_{\min}$ ,  $P_{\max}$  – минимальное и максимальное парциальное давление нефтепродукта в газовом пространстве резервуара в течение суток, Па.

В свою очередь, вытесняемый объем паровоздушной смеси (а, следовательно, и масса потерянного нефтепродукта, если известна его плотность) может быть определен как:

$$\Delta V = V_r \cdot \ln \left[ \frac{(P_a - P_{\text{кв}} - P_{\text{min}}) \cdot T_{\text{rmax}}}{(P_a + P_{\text{кд}} - P_{\text{max}}) \cdot T_{\text{min}}} \right], \text{ м}^3 \quad (5)$$

где:  $P_a$  – атмосферное давление, Па;  $P_{\text{кв}}$  – вакуум в газовом пространстве, соответствующий нагрузке вакуумного клапана, Па;  $P_{\text{кд}}$  – избыточное давление в газовом пространстве, соответствующее нагрузке клапана давления, Па;  $V_r$  – объем газового пространства, м;  $\Delta V$  – вытесняемый объем паровоздушной смеси, м.

Представленные расчеты требуют большого количества времени от персонала резервуарных парков по учету объема потерь нефтепродуктов при проведении проверок и в особенности проверки на соответствие нормам естественной убыли. Для оптимизации данного процесса было принято решение на основе изложенных методик создать демоверсию специализированной компьютерной программы, которая позволяет сократить и облегчить процедуру расчета для персонала резервуарных парков.

#### 4. СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ОБЪЕМА ПОТЕРЬ ОТ БОЛЬШИХ И МАЛЫХ ДЫХАНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ

Решение задач по расчёту потерь углеводородов при «больших» и «малых» дышаниях может быть упрощено с помощью программных средств автоматического расчета. Одним из наиболее эффективных способов решения проблемы является использование компьютерной программы, которая позволяет изменять технические характеристики исходной задачи и автоматически рассчитывать потери (Рисунок 2).

Основной задачей такой программы является расчет значений потерь при «больших» и «малых» дышаниях на основе введенных пользователем значений параметров, сохранение результатов расчета на протяжении периода наблюдений, и на основе собранных данных предоставление аналитики – рекомендаций по установке систем сокращения потерь и графика, отображающего динамику потерь за период наблюдения. В соответствии с задачей программы – алгоритм расчета должен быстро и точно получать необходимые значения и выводить их на экран [9].

Необходимо разработать алгоритм таким образом, чтобы расчеты значений потерь не блокировали главный поток программы, отвечающий за графический интерфейс. Такого эффекта можно добиться, заметив, что расчеты в каждой из формул не зависят друг от друга, а значит могут выполняться параллельно [10].



Разработанный алгоритм получает на вход данные из полей, заполненных пользователем, затем запускает три параллельные задачи – по одной на вычисление каждого значения потерь. Запущенные задачи по завершению, каждая и независимо, обновляет свою часть экрана рассчитанным значением, после чего алгоритм завершается и будет ожидать новых входных данных [11].

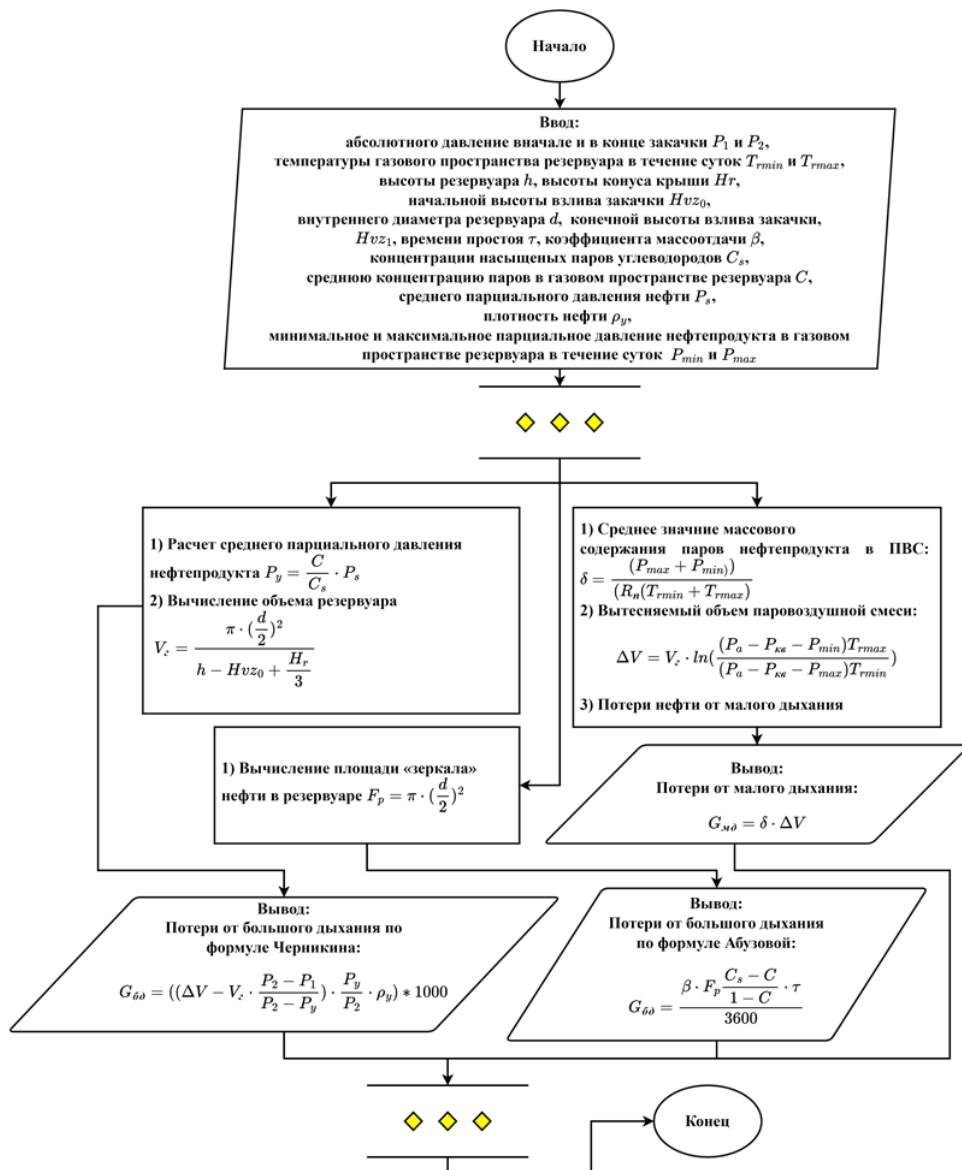


Рис. 2. Блок-схема компьютерной программы

Параллельное выполнение происходит именно посредством вычисления значений на разных потоках, так как потоки имеют общую память, что позволяет избежать затрат на копирование данных, которое необходимо при запуске параллельных процессов [12].

На этапе проектирования была составлена блок-схема программного кода, отражающая взаимосвязь начальных значений, необходимых для реализации программного обеспечения и программные этапы расчета, представленные на Рисунке 2. Для расчета потерь при «больших» и «малых» дыханий была разработана компьютерная программа на языке программирования C# в Visual Studio 2022 [13]. Далее на основе приведенного алгоритма был создан удобный пользовательский графический интерфейс (Рисунки 3, 4).

Вычисление технологических потерь нефти и нефтепродуктов при хранении в резервуарах

Начальные параметры    Результат    Инфографика

Выберите тип нефтехранилища

RBC 1000     RBC 2000     Свободный ввод

RBC 5000     RBC 10000     Тестовые значения

Характеристики резервуара

Геометрический объем резервуара

Внутренний диаметр резервуара, м

Высота резервуара, м

Высота конуса крыши, м

Количество дыхательных клапанов

Диаметр дыхательных клапанов, м

Нагрузка дыхательных клапанов, Па

Абсолютное давление до закачки, Па

Нагрузка вакуумного дыхательного клапана, Па

Средняя температура воздуха, С

Закачка нефтепродуктов в резервуар

Высота залива бензина начальная, м

Высота залива бензина конечная, м

Производительность закачки, м<sup>3</sup>/ч

Время простоя, ч

Плотность нефтепродукта, г/см<sup>3</sup>

Температура начала кипения нефтепродукта, К

**Выполнить расчёт потерь**

Рис. 3. Интерфейс компьютерной программы

Он позволяет регулировать условия расчета, такие как начальная и конечная высота залива и производительность закачки или габариты РВС, а также изменить плотность хранимого нефтепродукта в резервуаре. Благодаря этому, программа может рассчитывать потери для различных РВС. Начальные значения могут быть указаны в свободном вводе, либо с помощью автоматического выбора типа резервуара.

При нажатии на кнопку «выполнить расчет» пользователь получает результат количества потерь легких фракций углеводорода при «больших» дыханиях по двум методам: методу расчета В.И. Черникина и Ф.Ф. Абузовой, и «малых» дыханиях по методу расчета Н.Н. Константинова.



Начальные параметры | **Результат** | Инфографика

Объемы потерь углеводородов

|   |          |              |
|---|----------|--------------|
| Вычисление потерь от «больших дыханий» по методике расчета В.И. Черникина | 1327,152 | кг           |
| Вычисление потерь от «больших дыханий» по методике расчета Ф.Ф. Абузовой  | 1632,397 | кг           |
| Вычисление потерь от «малых дыханий»                                      | 71,476   | кг за 1 день |
|   | 2144,280 | кг за месяц  |

**Сохранить данные по потерям за сутки в БД**      **Сформировать график**

1125,552  
868,647

Результаты предыдущих расчетов потерь от «больших дыханий»

**Потери нефтепродукта при хранении в резервуаре составляют** 5465,632 кг за месяц

Рекомендации

**Для сокращения потерь рекомендовано использовать следующее:**

|  |          |             |
|--|----------|-------------|
| Окрашивание резервуара сократит потери на            | 1093,126 | кг за месяц |
| Установка алюминиевого понтона сократит испарения на | 4919,068 | кг за месяц |

Рис. 4. Расчет потерь программным методом и вывод рекомендаций по внедрению средств сокращения потерь

Т.к. расчет «малых» дыханий зависит от количества операций закачивания нефтепродукта в резервуар и его выкачки за одни сутки, программой предусмотрено сохранение предыдущих результатов расчета. В блоке «Потери нефтепродукта при хранении в резервуаре» отражается сумма значений потерь от «больших дыханий» по методу В.И. Черникина методом сложения текущих и предыдущих результатов, а также потерь при «малых» дыханиях, рассчитанных на месяц. На основе полученных с помощью программы значений потерь углеводородов от «больших» и «малых» дыханий при хранении в резервуарах нефтебазы, и сравнения полученных результатов с нормами потерь углеводородов (имеющихся в базе данных программы) даются рекомендации по внедрению современных методов уменьшения потерь при эксплуатации резервуаров, исходя из объема резервуара (Рисунок 4).

При этом учитывая вид средства сокращения потерь и его усредненную эффективность, а также объем углеводородов, теряемых резервуаром, рассчитывается предварительный объем сокращения потерь по резервуару от установки того или иного средства. Это производится путем обращения программы к базе данных, в которой содержится статистика по сокращению потерь углеводородов различными техническими решениями (Рисунок 5).

База данных программы была разработана с учетом сценариев ее использования [14]. Среди таких сценариев – запись данных о потерях резервуара в определенный день,



сопоставление системой оптимального метода сокращения потерь в конкретный день наблюдения, и формирование ряда данных для аналитики и визуализации [15]. Спроектированная и реализованная база состоит из двух основных таблиц и одной связующей [16].

Таблица «Резервуар» позволяет программе отслеживать конкретные резервуары через их идентификатор. Таблица «Метод сокращения потерь» является справочником, содержащим необходимую информацию о доступных методах сокращения потерь. Связная таблица «Метод сокращения потерь\_Резервуар» содержит информацию о конкретных наблюдениях потерь резервуара в определенный день. Такая структура базы данных соответствует требованиям четвертой нормальной формы так как не содержит многозначных зависимостей [17]. Такая структура позволяет легко выполнить основные запросы, которые необходимы для работы программы, в частности запись данных производится по средством добавления строки в таблицу «Метод сокращения потерь\_Резервуар», а формирование данных для визуализации выполняется запросом вида:

```
SELECT 'Потери от большого дыхания Черникин', 'Потери от малого дыхания'  
FROM 'Метод сокращения потерь_Резервуар' INNER JOIN 'Резервуар' ON 'Резервуар'.  
' ID Резервуар' = 'Метод сокращения потерь_Резервуар'. ID Резервуар' WHERE  
' ID Резервуар' = x.
```

В качестве СУБД был выбран SQLite в силу небольшого объема хранимых данных и несложной структуры базы данных [18]. SQLite позволяет работать с базой данных в виде локального файла, благодаря этому, пользователю нет необходимости устанавливать сервер СУБД для работы с программой [19].

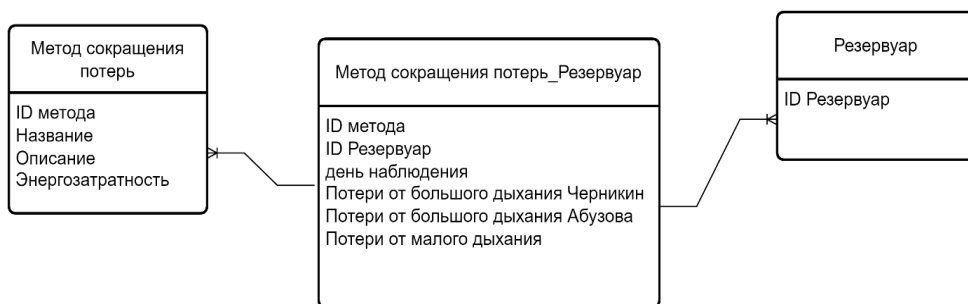


Рис. 5. Информационно-логическая база данных программы

Финальным блоком программы является вкладка инфографика. В ней отображаются в виде гистограммы результаты расчета потерь углеводородов по методикам Ф.Ф. Абузовой, В.И. Черникина и Н.Н. Константинова (Рисунок 6). Представленная разработка является по своей сути базовой, пилотной версией программного обеспечения. Учитывая ее простую модульную архитектуру, она может быть эффективно расширена и дополнена [20].

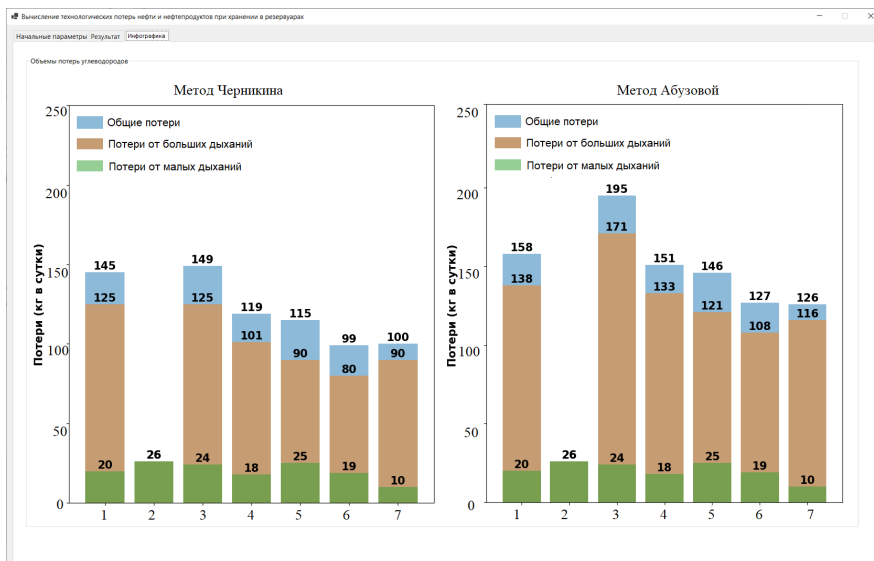


Рис. 6. Сравнение результатов подсчета объема ежедневных потерь АИ-92 (за неделю) в резервуаре РВС-2000 методами В.И. Черникина и Ф.Ф. Абузовой с учетом малых дыханий

Предложенная демOVERсия значительно упрощает процедуры вычислений объемов потерь по резервуару, сокращает трудовые затраты инженерно-технического персонала и уменьшает риск возникновения случайной ошибки.

## 5. ВЫВОДЫ

В результате работы получена демOVERсия программы, позволяющая используя язык С# рассчитывать объемы потерь углеводородов в резервуарах РВС-1000, РВС-2000, РВС-5000, РВС-10000 от больших и малых дыханий на основе методик Ф.Ф. Абузовой, В.И. Черникина и Н.Н. Константинова. Алгоритм программы и созданная база данных позволяют рассчитывать ежедневные потери по резервуару, формировать массив данных за несколько дней (до месяца), выдавать предварительные рекомендации по подбору средств сокращения потерь (в зависимости от их объема).

Разработанная демOVERсия может служить ядром расширенной программы. Для ее наполнения необходимо укрупнение базы данных по характеристикам резервуаров различных типоразмеров, по эффективности методов сокращения потерь. Возможно создание дополнительных надстроек под моделирование работы каждого из средств сокращения потерь и отображения результатов на инфографике, а также по соотношению полученных результатов с требованиями норм естественной убыли нефтепродуктов. Возможно также расширение программных возможностей в части проведения одновременного расчета для нескольких резервуаров.

### Литература

1. Юрьев В.И., Петров А.П., Швырков С.А., Воробьев В.В. К оценке пожарной опасности «больших» дыханий резервуаров типа РВС // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 4(74). – С. 54–58. – EDN LBNPXV.
2. 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. – EDN MPJJBP.
3. Коршак, А.А. Прогнозирование потерь нефти и нефтепродуктов от испарения / А.А. Коршак. – Новосибирск: Академиздат, 2022. – 252 с. – ISBN 978-5-6048425-3-9. – EDN VCTWGX.
4. Юрьев В.И., Петров А.П., Шейкина В.А., Трубицына А.А. Проблема аналитической оценки величины давления насыщенных паров бензинов при анализе пожарной опасности «больших» дыханий резервуаров // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2017. – № 6. – С. 148–153. – EDN GGKCYN.
5. Тютяев, А.В. Исследования причин воспламенения газозооной смеси нефтепродуктов при заполнении резервуаров дизельным топливом / А.В. Тютяев, А.С. Должиков, И.С. Зверева // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–4. – С. 873–876. – EDN QASRHB.
6. Плеваков, А.В. Анализ существующих средств сокращения потерь от испарений в резервуарах / А.В. Плеваков // Научный электронный журнал Меридиан. – 2019. – № 10(28). – С. 150–152. – EDN YGRASX.
7. Левицкий И.Н., Силинский А.В., Батраев А.В. Сравнительный анализ методик расчета потерь нефтепродуктов из резервуаров // Современные фундаментальные и прикладные исследования. – 2017. – № 4–1(27). – С. 146–150. – EDN YPBVCI.
8. Коршак, А.А. Актуализация методики прогнозирования потерь нефтепродуктов от «малых дыханий» резервуаров / А.А. Коршак, И.М. Руфанова // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2021. – № 2(130). – С. 60–69. – DOI 10.17122/ntj-oil-2021-2-60-69. – EDN LLBBSR.
9. Цвинкайло, П.С. Автоматизация инженерных расчётов / П.С. Цвинкайло // Экономика и социум. – 2022. – № 3–1(94). – С. 524–532. – EDN ACQWHP.
10. Коробейников, А.Г. Разработка и исследование многомерных математических моделей с использованием систем компьютерной алгебры / А.Г. Коробейников, А.Ю. Грищенко. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014. – 100 с. – EDN VZPXLТ.
11. Городняя, Л.В. Функциональное программирование. Парадигма, модели и методы / Л.В. Городняя; Российская академия наук, Сибирское отделение институт систем информатики им. А.П. Ершова. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2022. – 482 с. – ISBN 978-5-6047823-0-9. – DOI 10.53954/9785604782309. – EDN FOUPRH.
12. Луценко, Е.В. Инженерия знаний и интеллектуальные системы: учебник / Е.В. Луценко. – Краснодар: Виртуальный центр системно-когнитивных исследований «Эйдос», 2020. – 642 с. – DOI 10.13140/RG.2.2.28085.91364. – EDN GXJMAO.
13. Ткаченко, К. Программная реализация инструментального средства поддержки расчетов информационных характеристик физических систем на C# и Windows Forms / К. Ткаченко // Системный администратор. – 2021. – № 12(229). – С. 34–49. – EDN AAEGZW.
14. Смоленцев, Н.К. MATLAB. Программирование на Visual C#, Borland C#, JBuilder, VBA (2-е издание): Учебный курс / Н.К. Смоленцев. – Москва: ДМК Пресс, 2014. – 456 с. – ISBN 978-5-94074-771-0. – EDN UGOZYP.



15. Кудрина, Е.В. Основы алгоритмизации и программирования на языке С# / Е.В. Кудрина, М.В. Огнева. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство ЮРАЙТ», 2019. – 322 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-10772-2. – EDN PDPFXO.
16. Трофимов В.В., Ильина О.П., Саитов А.В. Информатика: Учебник в 2 томах Под ред. профессора В.В. Трофимова. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство ЮРАЙТ», 2017. – 406 с. – (Профессиональное образование; 2). – ISBN 978-5-534-02519-4. – EDN ZSXFZN.
17. Корневский, Н.А. Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами: Учебник / Н.А. Корневский, Л.П. Лазурина, Л.В. Стародубцева. – Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2021. – 244 с. – ISBN 978-5-94178-717-3. – EDN YYXULK.
18. Иванова, А.К. Базы данных. Системы управления базами данных / А.К. Иванова, А.Л. Куленцан // Сборник научных трудов вузов России «Проблемы экономики, финансов и управления производством». – 2023. – № 52. – С. 110–114. – EDN GVIXFD.
19. Лазицкас, Е.А. Базы данных и системы управления базами данных: Учебное пособие / Е.А. Лазицкас, И.Н. Загуменникова, П.Г. Гилевский. – Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2016. – 268 с. – ISBN 978-985-503-558-0. – EDN ZUZHKN.
20. Окуловский, Д.В. Оптимизация работы резервуарного парка / Д.В. Окуловский, Р.Е. Левитин // Интернаука. – 2020. – № 47–1(176). – С. 91–93. – EDN UQPRSD.



## Design of Specialized Software for the Operational Calculation of Hydrocarbon Losses in Reservoirs

***Pavel S. Shcherban\****

I. Kant Baltic Federal University (BFU), Kaliningrad, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5106-7852>

e-mail: [ursa-maior@yandex.ru](mailto:ursa-maior@yandex.ru)

***Reda V. Abu-Hamdi\*\****

Moscow Institute of Physics and Technology

Phystech School of Applied Mathematics and Informatics (MFTI), Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-0529>

e-mail: [rabouhamdi@gmail.com](mailto:rabouhamdi@gmail.com)

Ensuring modern storage of hydrocarbons is not a trivial task. The existing requirements imposed by environmental and fire protection legislation, as well as the economics of production, oblige the owners of tank farms to take measures for calculation and reduction of petroleum products losses. For solvation of this problem, a group of calculation methods has been formed. They are allow to determine the volume of hydrocarbon losses during large and small breaths in tank farms. At the same time, carrying out calculations and selecting the appropriate equipment to reduce losses is quite difficult for the engineering and technical personnel of oil storages. In this regard, based on the calculation methods of V.I. Chernikin, F.F. Abuzova and N.N. Konstantinov the software for calculating hydrocarbon losses in reservoirs from large and small respirations was developed. Software has the ability to store data for a month daily and with a system of issuing recommendations regarding the use of means to reduce hydrocarbon losses. To write the program code, C# was used in Visual Studio 2022. The demo version of the program allows to calculate the volume of losses of petroleum products in vertical steel tanks of various sizes and under changing environmental conditions, and also, based on the embedded database, recommend the necessary means of losses reduction for installation on the tank.

**Keywords:** hydrocarbon losses, reservoir, quality management, process control, software development, calculation methods, C#.

### **For citation:**

Shcherban P.S., Abu-Hamdi R.V. Design Of Specialized Software for the Operational Calculation of Hydrocarbon Losses in Reservoirs. *Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis*, 2024. Vol. 14, no. 1, pp. 155–169. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.2024140110> (In Russ., abstr. in Engl.).



\***Pavel S. Shcherban**, PhD in technical sciences, Baltic Federal University. I. Kant (BFU), Kaliningrad, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5106-7852>, e-mail: [ursa-maior@yandex.ru](mailto:ursa-maior@yandex.ru)

\*\***Reda V. Abu-Hamdi**, Master student, Moscow Institute of Physics and Technology. Phystech School of Applied Mathematics and Informatics (MFTI), Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2275-0529>, e-mail: [rabouhamdi@gmail.com](mailto:rabouhamdi@gmail.com)

### References

1. Yuryev V.I., Petrov A.P., Shvyrkov S.A., Vorobyov V.V. To assess the fire hazard of “large” breathing tanks of the RVS type // *Technologies of technosphere safety*. – 2017. – No. 4(74). – pp. 54–58. – EDN LBNPXV.
2. Lesnykh K.E., Korshak. A.A., Khafizov N.N., Kuznetsov A.A. Methodological approaches to modeling the conditions for the formation of technological losses of oil and oil products during evaporation from reservoirs // *Science and technology of pipeline transport of oil and oil products*. – 2020. – T. 10, No. 4. – P. 386–393. – DOI 10.28999/2541-9595-2020-10-4-386-393. – EDN MPJJB.
3. Korshak, A.A. Forecasting losses of oil and petroleum products from evaporation / A.A. Korshak. – Novosibirsk: Akademizdat, 2022. – 252 p. – ISBN 978-5-6048425-3-9. – EDN VCTWGX.
4. Yuryev V.I., Petrov A.P., Sheikina V.A., Trubitsyna A.A. The problem of analytical assessment of the pressure of saturated gasoline vapors when analyzing the fire hazard of “large” breathing tanks // *Problems of technospheric safety: international materials scientific and practical conference of young scientists and specialists*. – 2017. – No. 6. – P. 148–153. – EDN GGKCYN.
5. Tyutyaev, A.V. Research on the causes of ignition of a gas-air mixture of petroleum products when filling tanks with diesel fuel / A.V. Tyutyaev, A.S. Dolzhikov, I.S. Zvereva // *Fundamental Research*. – 2013. – No. 6–4. – pp. 873–876. – EDN QASRHB.
6. Pleshakov, A.V. Analysis of existing means of reducing losses from evaporation in tanks / A.V. Pleshakov // *Scientific electronic journal Meridian*. – 2019. – No. 10(28). – pp. 150–152. – EDN YGRASX.
7. Levitsky I. N., Silinsky A.V., Batraev A.V. Comparative analysis of methods for calculating losses of oil products from tanks // *Modern fundamental and applied research*. – 2017. – No. 4–1(27). – pp. 146–150. – EDN YPBVCI.
8. Korshak, A.A. Updating the methodology for predicting losses of petroleum products from “small breathing” of tanks / A.A. Korshak, I.M. Rufanova // *Problems of collection, preparation and transport of oil and petroleum products*. – 2021. – No. 2(130). – P. 60–69. – DOI 10.17122/ntj-oil-2021–2–60–69. – EDN LLBBSR.
9. Tsvinkaylo, P.S. Automation of engineering calculations / P.S. Tsvinkaylo // *Economics and society*. – 2022. – No. 3–1(94). – pp. 524–532. – EDN ACQWHP.
10. Korobeinikov, A.G. Development and research of multidimensional mathematical models using computer algebra systems / A.G. Korobeinikov, A. Yu. Grishentsev. – St. Petersburg: St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2014. – 100 p. – EDN VZPXLT.
11. Gorodnyaya, L.V. Functional programming. Paradigm, models and methods / L.V. Gorodnyaya; Russian Academy of Sciences, Siberian Branch of the Institute of Informatics Systems named after. A.P. Ershova. – Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2022. – 482 p. – ISBN 978-5-6047823-0-9. – DOI 10.53954/9785604782309. – EDN FOUPRH.
12. Lutsenko, E.V. Knowledge engineering and intelligent systems: textbook / E.V. Lutsenko. – Krasnodar: Virtual Center for Systemic Cognitive Research “Eidos”, 2020. – 642 p. – DOI 10.13140/RG.2.2.28085.91364. – EDN GXJMAO.



13. Tkachenko, K. Software implementation of a tool to support calculations of information characteristics of physical systems in C# and Windows Forms / K. Tkachenko // System Administrator. – 2021. – No. 12(229). – P. 34–49. – EDN AAEGZW.
14. Smolentsev, N. K. MATLAB. Programming in Visual C#, Borland C#, JBuilder, VBA (2nd edition): Training course / N.K. Smolentsev. – Moscow: DMK Press, 2014. – 456 p. – ISBN 978-5-94074-771-0. – EDN UGOZYP.
15. Kudrina, E.V. Fundamentals of algorithmization and programming in the C# language / E.V. Kudrina, M.V. Ogneva. – Moscow: Limited Liability Company “YURAYT Publishing House”, 2019. – 322 p. – (Professional education). – ISBN 978-5-534-10772-2. – EDN PDPFXO.
16. Trofimov V.V., Ilyina O.P., Saitov A.V. Computer Science: Textbook in 2 volumes Ed. Professor V.V. Trofimova. – 3rd edition, revised and expanded. – Moscow: Limited Liability Company “YURAYT Publishing House”, 2017. – 406 p. – (Vocational education; 2). – ISBN 978-5-534-02519-4. – EDN ZSXFZN.
17. Korenevsky, N.A. Automated control systems for chemical technological processes: Textbook / N.A. Korenevsky, L.P. Lazurina, L.V. Starodubtseva. – Stary Oskol: LLC “Subtle Science-Intensive Technologies”, 2021. – 244 p. – ISBN 978-5-94178-717-3. – EDN YYXULK.
18. Ivanova, A.K. Databases. Database management systems / A.K. Ivanova, A.L. Kulentsan // Collection of scientific works of Russian universities “Problems of economics, finance and production management”. – 2023. – No. 52. – P. 110–114. – EDN GVIXFD.
19. Lazickas, E.A. Databases and database management systems: Textbook / E.A. Lazickas, I.N. Zagumennikova, P.G. Gilevsky. – Minsk: Republican Institute of Vocational Education (RIPO), 2016. – 268 p. – ISBN 978-985-503-558-0. – EDN ZUZHKH.
20. Okulovsky, D.V. Optimization of tank farm operation / D.V. Okulovsky, R.E. Levitin // Internauka. – 2020. – No. 47–1(176). – pp. 91–93. – EDN UQPRSD.

Получена 17.11.2023

Принята в печать 10.12.2023

Received 17.11.2023

Accepted 10.12.2023