

УДК 004.41

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-199

*Астахов Артур Михайлович*¹,

студент магистратуры;

*Логинова Александра Викторовна*²,

доцент, канд. экон. наук

**ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
И КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ
В СИСТЕМЕ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

^{1, 2} Россия, Санкт-Петербург,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;

¹ astahov.am@edu.spbstu.ru, ² loginova_av@spbstu.ru

Аннотация. В работе решается задача поиска ближайших станций при просмотре заявок на поставки деталей или нефтеперекачивающих насосов, а также решается задача прогнозирования требуемых деталей для планового обслуживания насосов. Используются алгоритм Дейкстры для задачи поиска ближайших станций, а также цепь Маркова для прогнозирования требуемых деталей. В качестве программных средств для решения поставленных задач выбраны язык программирования Java и система управления базами данных PostgreSQL.

Ключевые слова: программное обеспечение, трубопроводный транспорт, алгоритм Дейкстры, цепь Маркова, Java, PostgreSQL.

*Arthur M. Astakhov*¹,
Graduate student
*Aleksandra V. Loginova*²,
Candidate of Economic Sciences (PhD), Associate Professor

SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATION AND CONTROL OF MATERIAL AND TECHNICAL SUPPORT OF OIL PUMPING STATIONS IN THE PIPELINE TRANSPORT SYSTEM

^{1,2} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia;

¹ astahov.am@edu.spbstu.ru, ² loginova_av@spbstu.ru

Abstract. The task of finding the nearest stations when viewing requests for the supply of parts or oil pumps, as well as predicting the required parts for scheduled pump repairs, is being solved in the work. Dijkstra's algorithm is used for the task of finding the nearest stations, as well as Markov's chain for predicting the required parts. The Java programming language and the PostgreSQL database management system were chosen as software tools for solving the tasks.

Keywords: software, pipeline transport, Dijkstra's algorithm, Markov chain, Java, PostgreSQL.

Введение

Для осуществления мониторинга работы нефтеперекачивающих станций используются SCADA-системы (англ. Supervisory Control and Data Acquisition, диспетчерское управление и сбор данных), задача которых — контроль и управление работой эксплуатируемых нефтяных насосных установок. Они управляют режимами транспортировки нефти, изменяя параметры работы станций. Однако данные системы не позволяют решать задачу контроля материально-технического обеспечения подобных нефтеперекачивающих станций (НПС).

Материально-техническое обеспечение нефтеперекачивающих станций усложняется их удаленностью от крупных населенных пунктов, что понижает транспортную доступность и возможность быстрого восполнения склада.

1. Проблема мониторинга оборудования и материально-технического обеспечения нефтеперекачивающих станций в системе трубопроводного транспорта

Для решения задач, связанных с электронным учетом деталей, а также насосных агрегатов, имеющих у станций, необходима разработка информационно-аналитического программного обеспечения.

Информационно-аналитическое программное обеспечение является важнейшим инструментом для организаций, стремящихся принимать обоснованные решения на основе всестороннего анализа информации.

Основная задача информационно-аналитического программного обеспечения заключается в накоплении знаний и предоставлении данных для принятия решений сотрудником. Такой вид программ может использоваться для поддержки принятия решений при эксплуатации сложных технических и информационных систем и непрерывного мониторинга параметров состояния объектов и процессов.

Основные возможности информационно-аналитического программного обеспечения включают в себя отображение информации о контролируемых технологических процессах, мониторинг хода работ и предоставление информации о размещённом оборудовании.

2. Постановка задачи

Так как материально-техническое обеспечение нефтеперекачивающих станций является важным аспектом для бесперебойной работы всей системы трубопроводного транспорта нефти, в работе будут рассматриваться способы совершенствования процессов обеспечения станций деталями и насосами, которые приведут к минимизации времени ожидания T . Выразим время ожидания T с помощью формулы (1):

$$T = f(H, O, V, R, Z) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где H — время создания заявки, O — время обработки заявки, V — время производства либо оформления отправки детали или насоса со склада завода, R — время доставки, Z — время установки детали или насоса.

Предполагается, что задачу минимизации времени ожидания T требующихся деталей или насосов можно свести к нескольким задачам, позволяющим снизить длительность некоторых периодов времени, определяющих общее время ожидания T в формуле (1). Так, минимизировать время создания, обработки заявки и время доставки будет возможно благодаря улучшению взаимодействия станций между собой, а также за счет прогнозирования потребности в деталях для плановых ремонтов.

На основе предложенных математических моделей, позволяющих достичь экономии времени, требующегося на заказ и поставку деталей или насосов, было разработано информационно-аналитическое программное обеспечение.

В работе были использованы следующие математические алгоритмы и методы.

Алгоритм Дейкстры — это алгоритм нахождения кратчайшего пути в графе с неотрицательными весами ребер [1]. Он работает по принципу «жадной» стратегии, выбирая на каждом шаге вершину с наименьшей стоимостью до нее и пересчитывая стоимости до всех еще не посещённых соседних вершин [2]. Данный алгоритм используется в работе для поиска ближайших станций, находящихся на некотором ограниченном расстоянии от рассматриваемой начальной станции.

Цепь Маркова — это математическая модель, используемая для описания систем, которые переходят между различными состояниями с течением времени, где вероятность перехода из одного состояния в другое зависит только от текущего состояния [3]. Данный метод используется в работе для составления списка требуемых деталей для планового обслуживания насоса [4].

3. Краткое описание окон программного обеспечения

Для определения взаимодействий с окнами программного обеспечения пользователей были построены две структурные схемы. На рисунке 1 представлена структурная схема для диспетчера станции.

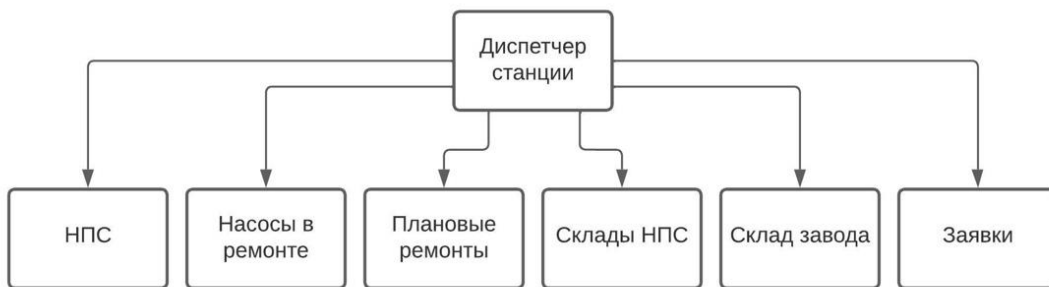


Рис. 1. Структурная схема доступных диспетчеру станции окон программы

Структурная схема для диспетчера завода представлена на рисунке 2. Она включает в себя дополнительное окно программного обеспечения «Производство», а также дополнительные возможности и ограничения в других окнах по сравнению с диспетчером станции.



Рис. 2. Структурная схема доступных диспетчеру завода окон программы

Ниже приведены некоторые категории окон программного обеспечения доступные для диспетчера станции, так как они позволят понять основную структуру пользовательских возможностей по взаимодействию с данными:

- Окно «НПС» — используется для отображения информации об установленных на нефтеперекачивающей станции насосах, их рабочее состояние и иная вспомогательная информация. Также есть возможность добавлять насос в список ремонтируемых насосов.

- Окно «Насосы в ремонте» — отображение списка нефтяных насосов, находящихся на внеплановом или плановом ремонтах.

- Окно «Склады НПС» — используется для отображения информации о хранящихся на нефтеперекачивающих станциях деталях или насосных агрегатов. У диспетчеров станций есть возможность изменять данную информацию.

- Окно «Заявки» — включает в себя возможность перехода в окна активных заявок деталей или насосов для просмотра информации о данных заявках, а также их редактировании. Для диспетчера станции также предусмотрена возможность создать новые заявки, а для диспетчера завода — просматривать отправленные детали или насосы.

4. Внедрение алгоритмов и методов в программное обеспечение

Цепь Маркова будет работать при открытии в программном обеспечении окна «НПС», в случае, если при его открытии у нефтеперекачивающей станции есть насос, у которого часы наработки приближаются к часам ближайшего планового ремонта, то цепь Маркова выполняет свою работу: получает значения графа и получает данные о названиях соответствующих деталей для нефтеперекачивающего насоса, для которого выполнялся данный метод. После этого, устанавливается показатель выполнения метода — это цифра «1» в базе данных. В случае, если не имеется подобных нефтеперекачивающих насосов, которые в ближайшее время будут проходить плановое обслуживание, то данный метод не срабатывает. Также существует обратная часть, то есть «обнуление» показателя выполнения метода — возвращение ему значения «0». Это происходит в случае, если количество часов наработки становятся больше после выполнения планового ремонта, при котором изменяется информация о следующем плановом ремонте.

Построена диаграмма деятельности для цепи Маркова, основываясь на предполагаемой концепции внедрения метода в программное обеспечение. Данная диаграмма продемонстрирована на рисунке 3.

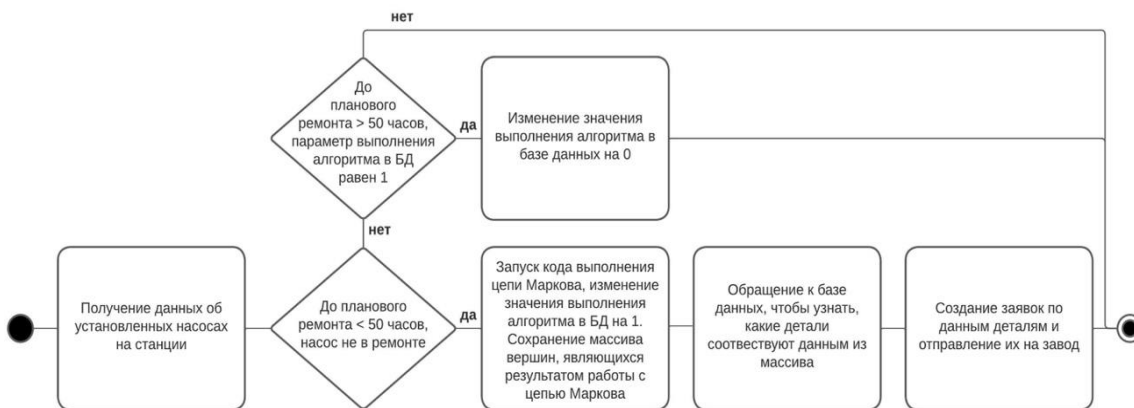


Рис. 3. Диаграмма деятельности цепи Маркова в программе

Была построена диаграмма деятельности для алгоритма Дейкстры на основе описания того, как данный алгоритм должен быть внедрен в программное обеспечение. Диаграмма представлена ниже на рисунке 4.

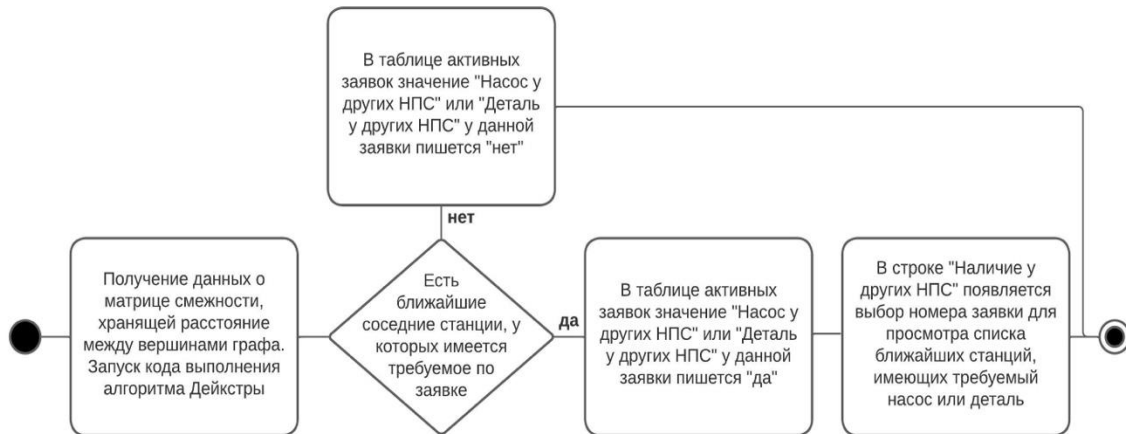


Рис. 4. Диаграмма деятельности алгоритма Дейкстры в программе

Выполнение алгоритма Дейкстры будет происходить при открытии окон «Активные заявки насосов» или «Активные заявки деталей», которые в свою очередь можно открыть из окна «Заявки». В момент открытия происходит получение матрицы графа из базы данных и поиск ближайших соседних станций для каждой нефтеперекачивающей станции, имеющей заявки. В случае, если у ближайшей соседней станции есть требуемый по заявке насос или деталь, в зависимости от открытого окна, то значение в таблице «наличие у НПС» меняется с «нет» на «да», иначе данное значение остается как «нет», что можно увидеть в рисунке 4. Также ниже в комбинированном списке можно посмотреть, у каких ближайших станций есть требуемый по заявке насос или деталь.

5. Описание реализованного программного обеспечения

Далее будет рассмотрено окно с активными заявками деталей авторизованного пользователя, а именно диспетчера станции, для демонстрации работы данного программного обеспечения. Окно активных заявок деталей представлено на рисунке 5.

В столбце «Деталь у других НПС» отображается информация, обработанная алгоритмом Дейкстры, определяющим список ближайших станций на некотором заданном расстоянии от станции, создавшей заявку, а также в дальнейшем проверяется у каждой соседней станции склад для определения, есть ли требуемая деталь.

Цепь Маркова после своего выполнения автоматически создает заявки, которые также отображаются в данной таблице, при их создании они сразу же получают статус «отправлено на завод», тем самым заявка сразу становится видна у диспетчера завода.

Программное обеспечение

Выход

Действия

НПС

Насосы в ремонте

Плановые ремонты

Склады НПС

Склад завода

Заявки

Поиск:

Номер	НПС	Насос	Деталь	Статус заявки	Деталь у других НПС	Дата
1	Калтасы	НМ 10000-210	вал	Создана	да	2023-01-24
3	Суислово	НМ 2500-230	прокладки	Отправ. на завод	нет	2023-01-15
4	Суислово	НМ 2500-230	подшипники	Отправ. на НПС	нет	2023-02-04
5	Канаши	НМ 3600-230	электродвигатель	Отправ. на завод	нет	2023-03-17
6	Канаши	НМ 3600-230	электродвигатель	Отправ. на завод	нет	2023-03-26
9	Суислово	НМ 10000-210	болты	Создана	да	2023-05-28
10	Суислово	НМ 2500-230	редуктор	Отправ. на завод	нет	2023-05-29

Наличие детали у других НПС: Номер заявки НПС Отправка заявки на завод: Номер заявки Готово

Получение детали у другой НПС: Номер заявки НПС Готово

Закрытие активной заявки: Номер заявки Причина закрытия Готово

Рис. 5. Окно программного обеспечения «Активные заявки деталей»

Заключение

Основным результатом работы является реализация информационно-аналитического программного обеспечения, позволяющего автоматизировать и улучшить деятельность по снабжению насосами и деталями нефтеперекачивающих станций в системе трубопроводного транспорта. Также оно дает возможность планировать выпуск нефтеперекачивающих насосов и деталей заводом на основе предложенной идеи улучшения взаимодействия станций между собой, а также прогнозирования требуемых деталей для планового обслуживания насосов.

Выявленные в работе проблемы мониторинга оборудования и материально-технического обеспечения могут быть решены приведенными математическими алгоритмами и методами.

Предложенные в работе идеи могут найти применение в деятельности ПАО «Транснефть», а также в деятельности других аналогичных предприятий, занимающихся трубопроводным транспортом нефти или газа.

Дальнейшее развитие программного обеспечения представляет из себя включение иных объектов предприятия, в которых также требуется контроль материально-технического обеспечения. Также дальнейшее развитие может быть связано с возможностью добавления предложенных в работе идей в создаваемые отечественные программные комплексы диспетчерского управления.

Список литературы

1. Рафгарден Т. Совершенный алгоритм. Графовые алгоритмы и структуры данных. – СПб.: Питер 2019. – 256 с.

2. Shortest Paths 2 – Dijkstra [Электронный ресурс]. – URL: https://ocw.mit.edu/courses/6-006-introduction-to-algorithms-fall-2011/6277a1f06100c26a7ff21031af6757b5_MIT6_006F11_lec16.pdf. (дата обращения 21.09.2023).

3. Коралов Л.Б., Сонай Я.Г. Теория вероятностей и случайные процессы. – М.: МЦНМО, 2014. – 408 с.

4. Math Modeling: Markov Processes [Электронный ресурс]. – URL: <https://personal.morris.umn.edu/~mcquarrb/teachingarchive/M4452/Lecture16.pdf>. (дата обращения 21.09.2023).