УДК 004.942

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ МАРШРУТОВ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА СВИРА

А.Г. Гягяева, Е.Р. Кожанова

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE PRODUCT FOR ROUTING CARGO ON THE BASIS OF THE SVIR ALGORITHM

A.G. Gyagaeva, E.R. Kozhanova

Аннотация. В статье рассматривается разработка программного продукта, реализующего алгоритм Свира для составления маршрутов грузоперевозок, который позволяет снизить временные затраты при формировании маршрутов грузоперевозок и повысить качество работы пользователя за счет рационального использования рабочего времени диспетчера. Был рассчитан экономический эффект от внедрения данного программного продукта на предприятии (АТП) ООО «Автомобилист».

Ключевые слова: *маршрут; грузоперевозки; транспортная логистика; метод кольцевых маршрутов; алгоритм Свира; программный продукт.*

Abstract. The article discusses the development of software that implements the algorithm for drawing Svir freight routes, which reduces the time spent in the formation of freight routes and improve the user experience through rational use of working time manager. It was calculated the economic impact of the implementation of this software in the enterprise (ATP) of "Avtomobilist".

Key words: *route; shipping; transport logistics; method circular routes; Svir algorithm; software product.*

Автоматизация составления маршрутов грузоперевозок на автотранспортных предприятиях с помощью внедрения программных продуктов (ПП) является актуальной задачей, так как ручной расчет данных маршрутов представляет собой очень трудоемкий процесс и на практике чаще всего зависит от опыта работника, занимающего составлением маршрутов грузоперевозок.

Рассмотрим разработку программного продукта для составления маршрутов грузоперевозок на примере автотранспортного предприятия (АТП) ООО «Автомобилист», организующего перевозки грузов предприятий-заказчиков и являющегося объединением транспортных комплексов (транспортных систем), специфика которых заключается в следующем [1]:

- однородность производственных процессов (для нашего случая - перевозка грузов);
- в территориальной компактности;
- в постоянно повторяющемся производственном процессе.

В качестве алгоритма составления маршрутов грузоперевозок используется эффективный метод транспортной логистики - *метод кольцевых маршрутов*, позволяющий обслуживать несколько торговых точек и осуществляемый как *алгоритм Свира (sweep-алгоритм)* или *алгоритм дворника-стеклоочистителя*, суть которого заключается в том, что полярная ось, подобно щетке дворника-стеклоочистителя, начинает постепенно вращаться против (или по) часовой стрелки, "стирая" при этом с координатного поля изображенные на нем магазины — потребители материального потока. Как только сумма заказов "стертых" магазинов достигнет вместимости транспортного средства, фиксируется сектор, обслуживаемый одним кольцевым маршрутом, и намечается путь объезда потребителей. Данный метод дает наилучшие результаты, в том случае, когда расстояние между узлами

транспортной сети по существующим дорогам прямо пропорционально расстоянию по прямой.

Рассмотрим параметры и ограничения, которые необходимо учесть при составлении маршрутов грузоперевозок методом Свира, и реализованные в разрабатываемом программном продукте:

1. *Характеристика обслуживаемой местности*. Карта-схема района представляет собой тетрадный лист «в клетку», на котором нанесены координатные оси. Вертикальные и горизонтальные линии сетки представляют собой дороги, которые могут быть использованы для поездок из одного пункта в любой другой пункт по карте. При этом движение транспорта осуществляется только по горизонтальным или вертикальным линиям сетки. На пересечении вертикальных и горизонтальных линий находятся склад или обслуживаемые магазины. Масштаб карты: 1 клетка = 1 км², что позволяет определить расстояние между любыми двумя точками на карте.

2. *Товары, доставляемые в магазины*. Со складов компании в магазины доставляется продукция трех укрупненных групп: продовольствие (П), напитки (Н) и другое (Д). Ограничений в совместной перевозке доставляемых товаров нет. Товары всех трех групп упакованы в коробки одинакового размера, что позволяет измерять груз количеством коробок. В этих единицах представляется заказ, указывается грузовместимость автомобиля, рассчитываются показатели использования транспорта.

3. *Характеристика используемых транспортных средств*. ООО АТП «Автомобилист» владеет небольшим парком транспортных средств, состоящим из восьми автомобилей, выполняющий ограниченную часть необходимых перевозок. Поэтому для осуществления остальных грузоперевозок компания привлекает наемные транспортные средства при условии, если все собственные автомобили уже задействованы. Грузовместимость собственного и наемного транспорта составляет k единиц груза (коробок).

4. *Расчет времени работы транспорта* включает:

- *Время на загрузку груза на складе*. Все автомобили выезжают со склада в 08:00. Время первой загрузки транспорта не входит в рабочее время водителя. Возможно, что в течение дня транспортное средство будет использовано для выполнения более чем одного маршрута. В этом случае каждой последующей поездке будет предшествовать 30-минутная загрузка.

- *Время разгрузки груза*. Время разгрузки принимается из расчета 0,5 мин на одну единицу груза при этом необходимо учесть время на операции, связанные с оформлением прибытия груза в магазин, а также на операции по подготовке и завершению разгрузки автомобиля. Норма времени на эти операции составляет $t_{раз}$ (мин) на один магазин.

- *Время проезда по маршруту*. Средняя скорость на маршруте принимается равного $v_{ср}$ (км/ч).

- *Дополнительное время, необходимое для перерывов в работе водителя*.

А) Перерыв в работе водителя. Если протяженность маршрута требует, чтобы водитель провел за рулем автомобиля свыше $t_{раб}$ (час), то к его рабочему времени следует прибавить $t_{пер}$ (мин) для перерыва;

Б) Общее время работы. Максимально допустимое дневное рабочее время для каждого транспортного средства и водителя – $t_{доп.раб.}$ (час). Основная продолжительность рабочего дня водителя – $t_{осн.раб.}$(час), после чего его рабочее время оплачивается по системе сверхурочной оплаты до $S_{сверх.час.}$ в день.

5. *Расходы на содержание и эксплуатации транспортных средств*.

- Условно постоянные расходы по содержанию одного собственного транспортного средства составляют $S_{трансп.}$ (руб.) в день. Условно переменные издержки определяются удельной стоимостью 1 км пробега, которая для собственного транспорта составляет $S_{изд}$ руб./км.

- В расходах по использованию наемного транспорта также присутствуют постоянная и переменная составляющие. Получив наемный автомобиль, фирма оплачивает за него $S_{наем.транс.}$ (руб.) в день независимо от степени его использования. Пробег наемного транспорта оплачивается по цене $S_{наем.км.}$ (руб. за километр). Эти расценки включают оформление заказа, экспедирование и страхование груза.

Выбор из двух вариантов - иметь ли свои собственные транспортные средства или брать их внаем - является важным элементом стратегического планирования логистики фирмы. При этом второй вариант позволяет сохранять капитал, но вынуждает иметь более высокие транспортные расходы.

6. *Расходы сверхнормативного труда*. Основной рабочий день водителей - 8 ч, включая возможный перерыв в пути. Сверх этого периода времени до максимально разрешенного количества часов (11 ч) сверхнормативная работа рассчитывается с точностью до минуты и оплачивается по расценкам $S_{сверхнорм.}$ (руб./ч).

7. *Другие виды расходов*. Если график предусматривает использование наемного транспорта, перевозящего напитки, то в целях безопасности следует взять работника для охраны. Дополнительная стоимость такой услуги равна $S_{охр.}$ (руб. на человека) на одну машину в день. Другими словами, если в один день используются два наемных средства для перевозки напитков, расход в этот день составит $2S_{охр.}$ руб. (независимо от того, по сколько ездок сделают наемные машины). Собственный транспорт фирмы оборудован средствами безопасности, что исключает необходимость использования дополнительной охраны.

8. *Штрафные санкции*.

- Неполное использование вместимости транспортного средства. Если транспортное средство (собственное или наемное) отправлено в поездку с меньшим установленного минимума количеством груза (m грузовых единиц), то следует учесть сумму штрафа в размере $S_{штраф.}$ (руб.) за каждую груженную единицу (независимо от принадлежности транспортного средства). Если собственное транспортное средство фирмы совсем не использовалось в течение дня, в расчет транспортных расходов следует включить постоянную стоимость его дневного содержания – $S_{транс.содер.}$ (руб.).

- Неполное использование транспорта по времени. Основная продолжительность рабочего дня водителя, как отмечалось, составляет $t_{осн.раб.}$ (час). Минимальный рабочий день – $t_{мин.раб.}$ (час). Штраф за транспортные средства, работающие меньше чем $t_{мин.раб.}$, составляет по собственным машинам – $S_{штраф.собст.}$ (руб./день), по наемным машинам - $S_{штраф.наем.}$ (руб./день). Расходы на штраф в этой игре преднамеренно включены в сумму затрат, чтобы показать ее участникам, насколько дорого обходится фирме содержание транспорта и водителей.

- Неполное выполнение заказа магазина. Необходимо принимать все меры к тому, чтобы осуществить доставку по заявке в установленный день, однако если по какой-либо причине поставка будет сделана в последующие дни, то за каждый просроченный день поставки с игрока взимается штраф в размере $S_{штраф.груз}$ (руб.) за каждую недопоставленную коробку в день.

Алгоритм работы разрабатываемого программного продукта представим в виде диаграммы переходов фокуса управления (рис. 1) [3-4].

Проведенный сравнительный анализ сред разработки программных продуктов по критериям, рассмотренных в таблице, показывает, что требованиям параметров и ограничений, которые необходимо учесть при составлении маршрутов грузоперевозок методом Свира отвечает Microsoft Visual Studio.

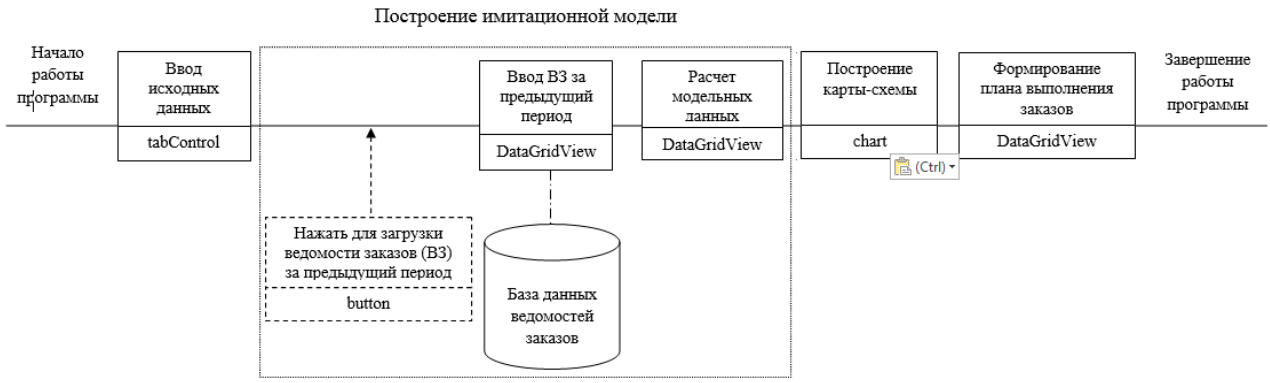


Рисунок 1 – Диаграммы переходов фокуса управления программного продукта

Таблица – Сравнительный анализ сред разработки программного продукта

Среда разработки / Критерии	Microsoft Visual Studio	1С: Предприятие	Oracle Database	Embar-cadero Delphi	NetBeans
Возможность рефакторинга	+	+	+	+	+
Объекты для работы с бухгалтерским учетом	-	+	-	-	-
Интеграция с Microsoft Windows	+	+	+	+	+
Поддержка создания веб-приложений	+	+	-	-	+

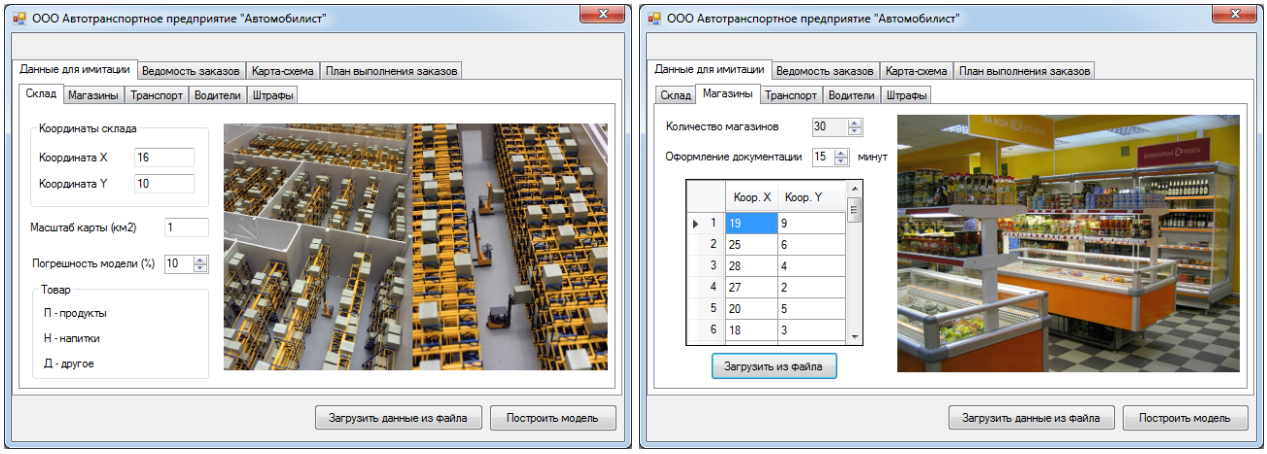
Первоначальным этапом работы программного продукта является ввод параметров и ограничений рассматриваемой модели на основе алгоритма Свира, характеризующие конкретное предприятие, осуществляемый с помощью компонента tabControl, разделяющих их визуально на пять групп:

- данные для имитации;
- ведомость заказов;
- карта-схема;
- план выполнения заказов.

Ввод данных начинается с характеристик предприятия, которые необходимы для построения модели и реализуется во вкладке *Данные для имитации*. Данная вкладка представляет собой пять подразделов:

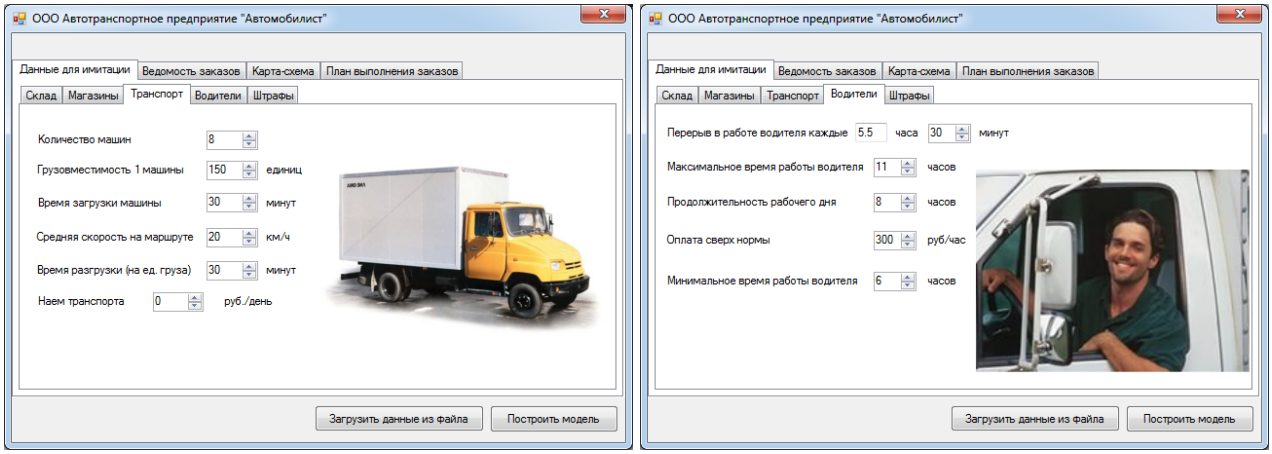
- вкладка *Склад* (рис. 2а) содержит данные о координатах склада, масштаб карты, погрешность модели для имитации и характеристики товара;
- вкладка *Магазины* (рис. 2б) включает в себя информацию о количестве магазинов в модели, об их координатах и о времени на оформление документации при разгрузке товаров (единицы измерения данных - минуты). Предусмотрена загрузка координат из файла;
- вкладка *Транспорт* (рис. 3а) позволяет задавать характеристики машин: количество машин предприятия, грузовместимость одной машины, время загрузки машины (в минутах), средняя скорость на маршруте (км/час), время разгрузки единицы товара (в минутах) и стоимость наемного транспорта;
- вкладка *Водители* (рис. 3б) содержит время перерыва в работе водителя, максимальное и минимальное время работы водителя, продолжительность рабочего дня и норму оплаты за выполнение работы сверх положенного времени;

- вкладка *Штрафы* (рис. 4) включает следующие поля: штраф за незагруженную единицу товара, содержит штраф за содержание автомобиля и минимальное количество грузов в автомобиле.



а) *б)*

Рисунок 2 – Вкладка *Склад* (а) и *Магазины* (б)



а) *б)*

Рисунок 3 – Вкладка *Транспорт* (а) и *Водители* (б)

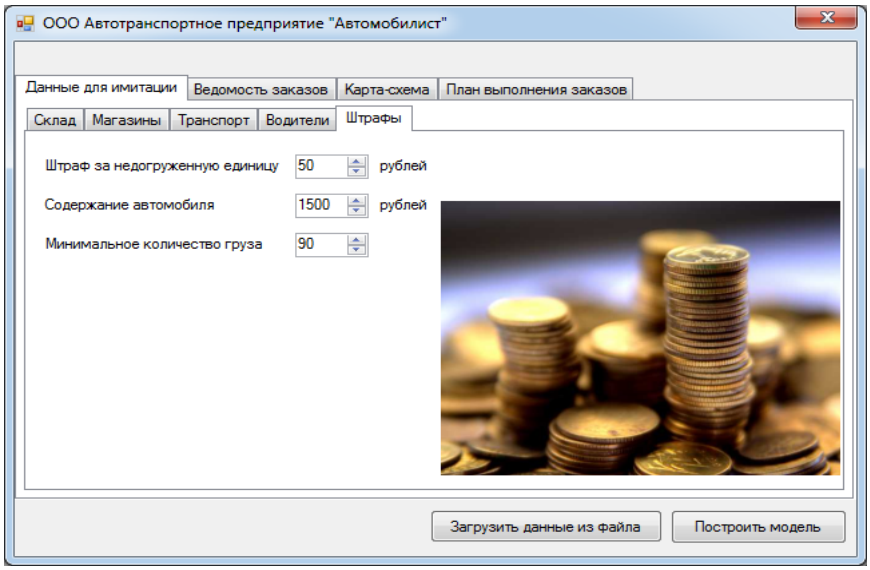
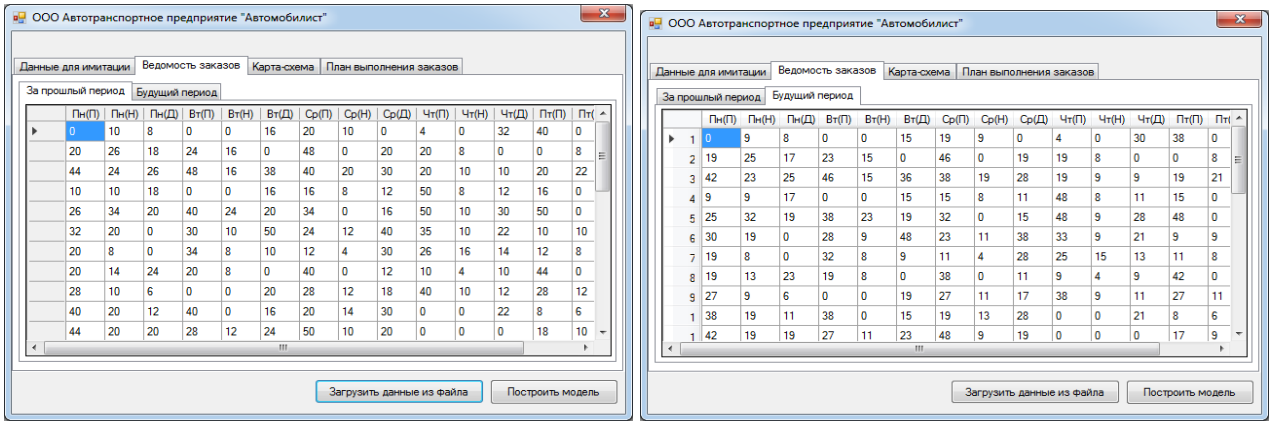


Рисунок 4 – Вкладка *Штрафы*

Заключительным этапом является загрузка ведомости заказов (вкладка *Ведомость заказов*) из файла, содержащего данные о заказах товара каждый рабочий день за предыдущий период (рис. 5а). При нажатии на кнопку *Построить модель* на вкладке *Будущий период* генерируются данные модели, погрешность которых была указана ранее, на заказы товаров магазинами (рис. 5б), строится карта-схема зоны обслуживания (рис. 6) и формируется план выполнения заказов (рис. 7).



а) *б)*

Рисунок 5 – Построение имитационной модели

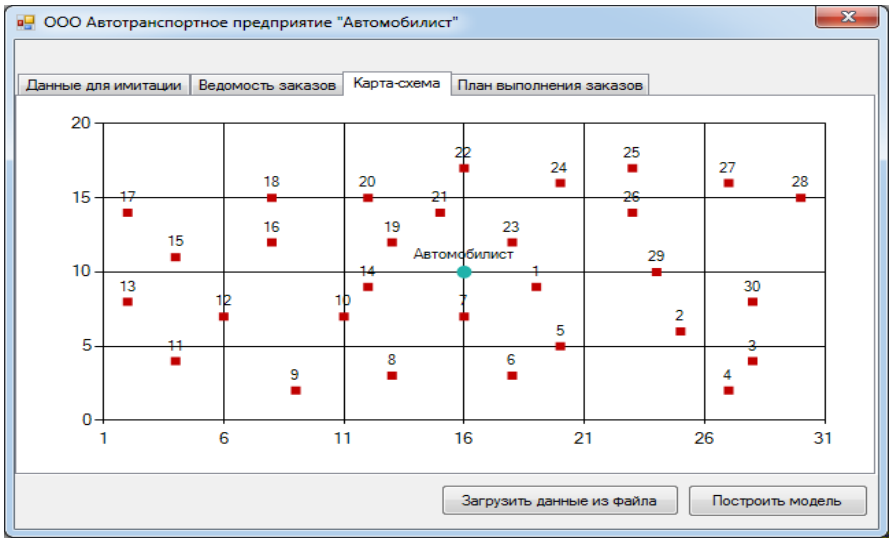
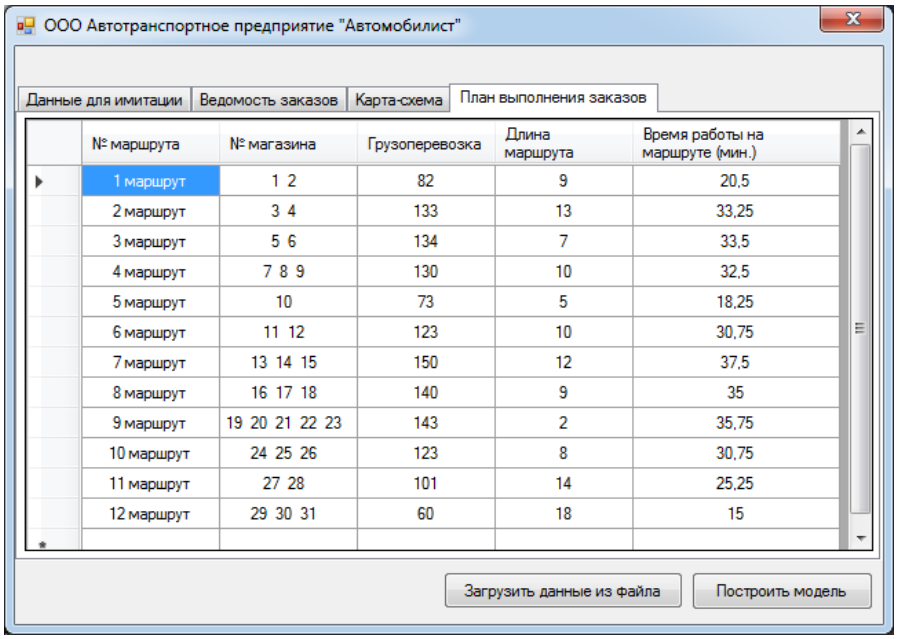


Рисунок 6 – Карта-схема зоны обслуживания

В качестве первоначальных затрат необходимо учесть, что диспетчер работает с программным продуктом 8 часов в день. С учетом часовой тарифной ставки трудозатраты в день составляли 640 рублей, соответственно 158080 рублей в год. В результате внедрения программного продукта работа сократилась на 180 минут и трудозатраты составили 44460 рублей. Так же в текущие затраты до внедрения следует включить затраты на амортизацию, электроэнергию и прочие затраты. Проведенные расчеты подтверждают эффективность внедрения данного программного обеспечения. Применение разработанного программного продукта поможет повысить производительность труда, модернизировать работу специалистов, а также повысить квалификацию работников. В результате исследования был рассчитан срок окупаемости модуля, который составил 1,16 лет (1 год 2 месяца). Данный период времени является приемлемым для организации, следовательно, предлагаемое мероприятие можно считать экономически выгодным.



№ маршрута	№ магазина	Грузоперевозка	Длина маршрута	Время работы на маршруте (мин.)
1 маршрут	1 2	82	9	20,5
2 маршрут	3 4	133	13	33,25
3 маршрут	5 6	134	7	33,5
4 маршрут	7 8 9	130	10	32,5
5 маршрут	10	73	5	18,25
6 маршрут	11 12	123	10	30,75
7 маршрут	13 14 15	150	12	37,5
8 маршрут	16 17 18	140	9	35
9 маршрут	19 20 21 22 23	143	2	35,75
10 маршрут	24 25 26	123	8	30,75
11 маршрут	27 28	101	14	25,25
12 маршрут	29 30 31	60	18	15

Рисунок 7 – План выполнения заказов

Разработанное программное обеспечение, реализующее алгоритм Свира для составления маршрутов грузоперевозок, позволяет снизить временные затраты при формировании маршрутов грузоперевозок в АТП ООО «Автомобилист» и повысить качество работы пользователя с программным продуктом за счет рационального использования рабочего времени диспетчера. Данное программное обеспечение можно использовать при формировании маршрутов грузоперевозок для любого автотранспортного предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шишкин, Д. Г. Логистика на транспорте [Электронный ресурс]. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, Маршрут, 2013. 224 с.

2. Яблонский А.А., Гущо М.В., Николенко П.В., Приймак К.Т. Методы решения транспортной задачи оптимизации кольцевых маршрутов // Механизация строительства. Ярославль, 2011. № 9. С. 23–24.

3. Кожанова Е.Р. Диаграммы переходов фокуса управления как средство проектирования пользовательского графического интерфейса // Техника и технологии: пути инновационного развития: материалы Междунар. научно-практич. конф. (1 июля 2011). Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2011. С. 80 – 83.

4. Гягяева А.Г., Кожанов Р.В. Применение диаграмм UML на этапе проектирования программных продуктов // Наука и техника: современные направления: материалы Междунар. научно-практич. конф. (14-16 мая 2015 г.). Саратов: СГТУ, 2015. С. 140-142.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гягяева Александра Генадиевна

ГАПОУ СО «Поволжский колледж технологий и менеджмента», г. Балаково, Россия, преподаватель

E-mail: gyagaevaa@mail.ru

Gyagaeva Alexandra Genadievna
SAPOI SO «Volga region college of technologies and management, Balakovo, Russia, tutor
E-mail: gyagaevaa@mail.ru

Кожанова Евгения Романовна
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.», г. Саратов, Россия, доцент кафедры «Электронные приборы и устройства»
E-mail: ljubimzh@rambler.ru

Kozhanova Evgeniya Romanovna
FSEI HE «Yuri Gagarin State Technical University of Saratov», Saratov, Russia, assistant Professor of «Electronic instruments and devices».
E-mail: ljubimzh@rambler.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:
413864, Саратовская область, г. Балаково, ул. Саратовское шоссе 89/2 кв. 21
8 (927) 151-88-67 *Гягяева Александра Генадиевна*