

УДК 658.513

Разработка алгоритмов и программного обеспечения для построения расписаний работ на заводах ЖБИ

*Мясачих Л.О., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»*

*Научный руководитель: Хоботов Е.Н., д.т.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
gss@bmstu.ru*

Введение

В последнее время в современном строительстве широкое применение получили изделия из железобетона. Это связано с тем, что при относительно низкой себестоимости данного материала он обладает такими преимуществами, как высокая сопротивляемость статическим и динамическим нагрузкам, долговечность, огнестойкость и экологичность. Еще одним существенным достоинством железобетона является его высокая технологичность, что существенно снижает затраты при выполнении строительно-монтажных работ и не требует дополнительной обработки для защиты от разрушающего атмосферного воздействия.

Железобетон был изобретен в XIX в. во Франции. В 1873 г. Ж. Монье получил патент на создание железобетонных мостов. В СССР идея строительства домов из этого материала появилась в 40-х гг. прошлого столетия. Новый курс строительной политики определили два постановления ЦК КПСС и Совмина СССР — «О развитии производства железобетонных конструкций и деталей для строительства» (1954 г) и «О развитии жилищного строительства в СССР» (1957 г). На сегодняшний день из железобетона изготавливают плиты дорожных покрытий, блоки стен и подвалов и фундаментов, элементы сборных оград, детали колодцев и т. д. Из железобетона можно создавать самые разнообразные архитектурные конструкции.

Из чего же состоит железобетон? Это непосредственно сам бетон, а так же стальная арматура.

Основными составляющими бетона являются вода и цемент. Заполнителем служит гранитный либо гравийный щебень и песок. Бетоны классифицируют согласно ГОСТу 25192-82. Арматура изготавливается из металлических прутков и служит каркасом изделия. Выделяют сборный и монолитный железобетон. В последнем случае бетонирование происходит на самой строительной площадке. В некоторых случаях целесообразно комбинировать свойства монолитного и сборного железобетона. ЖБИ обладают высокой долговечностью, жаростойкостью и технологичностью в совокупности с относительно невысокой стоимостью.

Производство строительных материалов, в том числе железобетонных изделий, из года в год развивается все большими темпами, однако, при этом не решен целый ряд проблем, связанных с автоматизацией производства железобетонных изделий. Поэтому тема автоматизации изготовления железобетона приобретает особую актуальность в свете роста темпов строительства. В частности, согласно постановлению правительства Москвы от 4 мая 2012 г. N 194-ПП "Об утверждении Перечня объектов перспективного строительства московского метрополитена в 2012 - 2020 гг." до 2020 года в столице планируется построить 160 км линий метро. В рамках плана мэра Москвы по борьбе с пробками производятся мероприятия по развитию дорог, строительству транспортных развязок.

Важное место занимают задачи планирования на производственных предприятиях. В условиях современного рынка предприятиям необходимо грамотно распоряжаться всеми своими ресурсами и управлять производственными процессами, быстро реагировать на изменения в производственной программе, правильно оценивать сроки готовности заказов.

В данной работе предлагается разработать систему планирования и управления для завода ЖБИ, которая помогла бы решить проблемы, связанные с оптимальной загрузкой производственных мощностей и точной оценкой сроков исполнения заказов. В состав системы входят модули управления запасами, построения расписаний, диспетчеризации и модуль управления и координации.

Технология изготовления железобетона и описание объекта автоматизации

Независимо от приемов формовки, изготовление ЖБИ имеет одни и те же стадии. Бетонная смесь изготавливается из воды, цемента и заполнителя. Арматура поступает в прутах или мотках (в зависимости от диаметра). Затем она подвергается правке и резке. Из

нарезанной арматуры вяжут каркасы и после проверки и подготовки форм, укладывают их в формы и заливают бетонной смесью. После заливки в формы бетонная смесь уплотняется глубинными или поверхностными вибраторами или на виброплощадках. При изготовлении цилиндрических изделий бетонную смесь уплотняют центрифугированием. После формовки изделие поступает на температурно-влажностную обработку. Через 28 суток изделие приобретает необходимую прочность. После проверки качества изделия в лаборатории, оно поступает на склад готовой продукции, откуда отправляется конечным потребителям.

Объектом автоматизации был выбран завод, специализирующийся на изготовлении дорожных плит и панелей перекрытия. Завод имеет склад инертных материалов (песок, щебень, гравий) и цемента, бетонно-смесительный узел (БСУ), цех для изготовления арматурных каркасов, формовочный цех, цех парообработки, склад готовой продукции, лабораторию контроля качества, автотранспорт (АБС) для доставки бетонной смеси от БСУ до места заливки бетона в формы, автотранспорт для доставки готовой продукции потребителям.

На сегодняшний день на заводе не применяются системы планирования. Выполнение сложных расчетов вручную приводит к значительным ошибкам ввиду человеческого фактора. Практически невозможно оценить время готовности заказа. Из-за этого могут упускаться выгодные заказы, а завод приобретает репутацию ненадежного партнера. Нерациональное расположение изделий в цеху формовки ведет к неполному использованию производственных мощностей и потере заказов, которые можно было взять в работу дополнительно, неоптимизированные маршруты доставки готовых заказов приводят к значительным транспортным издержкам (расходы на ГСМ, заработная плата водителя, штрафы, амортизация).

Описание работы системы

Для планирования деятельности таких предприятий предлагается разработать систему, структура которой представлена на рис. 1.

Система получает задание на выбранный интервал планирования от ERP системы. В первую очередь, необходимо проанализировать полученные заказы и оценить сроки их изготовления с тем, чтобы определить, брать ли дополнительные заказы или, наоборот, организовать работу в две смены. При этом анализируется состояние склада сырья и арматурных заготовок, сроки исполнения заказов, прибыль в случае исполнения заказа и

убытки в случае неисполнения. Данные о технологических маршрутах и нормах времени система получает от САПР. Также на этом этапе происходит группировка изделий. Затем по полученным данным строится расписание. В процессе работы модуль диспетчеризации фиксирует отказы оборудования и отклонения от расписания и посылает сигнал о необходимости редактирования расписания. При поступлении внепланового заказа также происходит корректировка плана. Новый план вступает в силу по окончании выполнения текущих задач.



Рис. 1. Взаимодействие информационных систем на предприятии

Для рационального размещения форм на рабочей площади цеха применяется группировка изделий в «кадры», которые сменяют друг друга в процессе обработки заказов. Таким образом, за счет лишь правильного порядка запуска заказов в производство становится возможным сэкономить временные ресурсы и увеличить загрузку производственных мощностей. При формировании «кадров» необходимо учитывать приоритет заказа. Очевидно, что первыми в обработку должны запускаться заказы, плановые сроки которых наступают раньше. С другой стороны, при поступлении выгодного заказа, он берется в работу в первую очередь и для его изготовления могут быть использованы ресурсы, предназначенные для изготовления других заказов. Также на приоритет заказа влияет наличие или отсутствие на складе необходимого сырья и заготовок.

Алгоритм формирования групп изделий представлен на рис. 2.

Описание алгоритма формирования групп

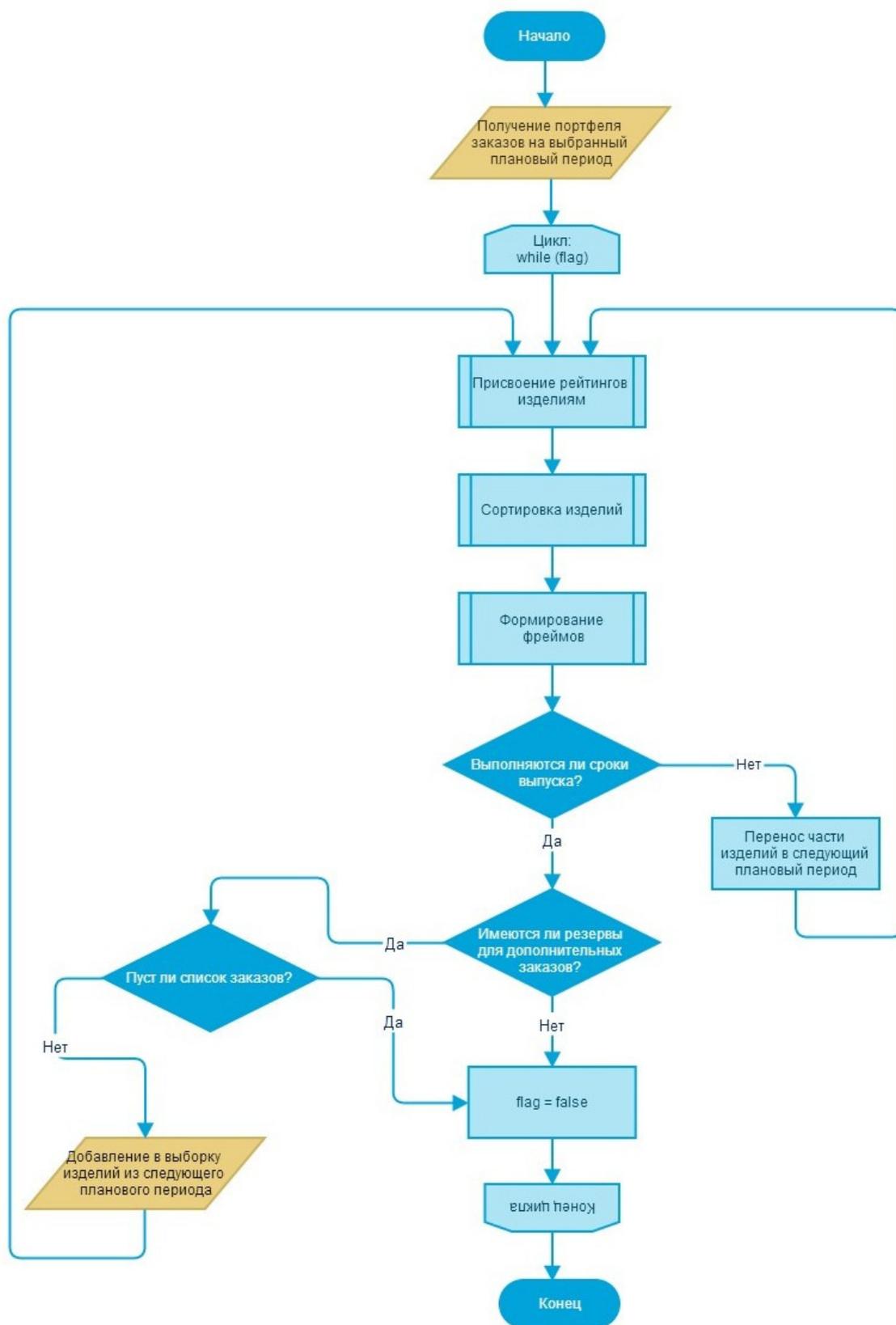


Рис. 2. Алгоритм формирования групп

Введем количественную оценку приоритета заказа и назовем ее рейтингом. Рейтинг будем присваивать изделиям на основании производственных правил вида «если А, то В». Так как в рамках данной задачи В = «заказ обрабатывается первым», эти правила являются приоритетными. Приоритетные правила являются эффективным подходом к решению задач составления расписаний, которые характеризуются отсутствием алгоритма нахождения точного решения, кроме полного перебора всех вариантов. В данном случае приоритет невозможно определить лишь по одному критерию, поэтому для назначения рейтинга используются комбинированные правила. Таким образом, будут учтены все указанные выше критерии.

После присвоения рейтингов происходит сортировка изделий. Затем запускается внешний модуль расстановки форм. В его основе лежат эвристические методы. На вход алгоритм принимает отсортированный список изделий. Выходными параметрами алгоритма является количественная оценка свободной площади, список размещенных изделий, графическое отображение результатов работы алгоритма.

Зная количество кадров и длительности заливки, виброусадки и затвердевания бетона, можно сделать приблизительную оценку загрузки производственных мощностей и сделать вывод о необходимости корректировки производственной программы. В тех случаях, когда невозможно обработать такое количество заказов в течение планового периода, часть заказов переносится на следующий плановый период, и это в дальнейшем будет учтено при расчете рейтинга. Если же загрузка недостаточная, то в выборку добавляются заказы из следующего планового периода.

При размещении изделий помимо рейтинга также должны быть учтены размеры основания формы. Необходимо обеспечить наибольшую плотность заполнения рабочей площади цеха. Данная задача относится к задачам ортогональной упаковки. Она может быть решена с помощью эвристических алгоритмов. В разработанном алгоритме сортировки изделий принято упорядочивание по невозрастанию площади основания.

Кроме того, предпочтительно формировать группы таким образом, чтобы в одном «кадре» оказывались изделия из бетона одинаковой марки. Это упростит процесс изготовления бетонной смеси и последующей ее заливки формы, сократит время на переналадку БСУ и транспортировку бетона. Алгоритм сортировки изделий представлен на рис. 3.

Согласно данному алгоритму в первую очередь обрабатываются детали, рейтинг которых выше. Среди деталей с одинаковым рейтингом предпочтение отдается деталям, с

большой площадью основания. В случае, если форма деталей и их рейтинг совпадают, первыми на обработку отправляются такие детали, марка бетона которой наиболее часто встречается среди уже размещенных в группе изделий.

Результатом работы алгоритма для следующей выборки изделий будет такой порядок.

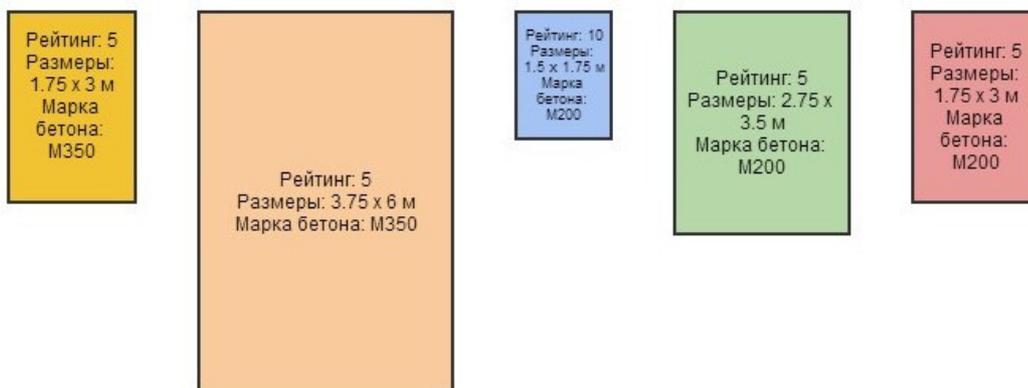


Рис. 3. Пример выборки изделий

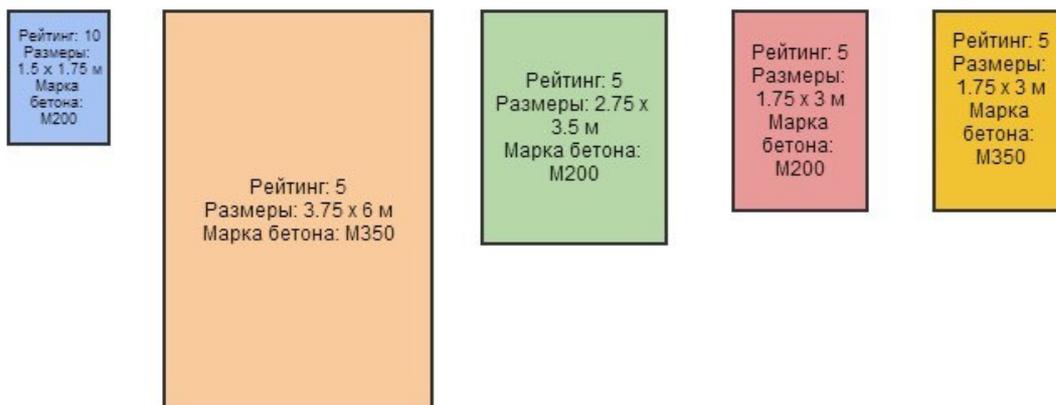


Рис. 4. Результат работы алгоритма сортировки

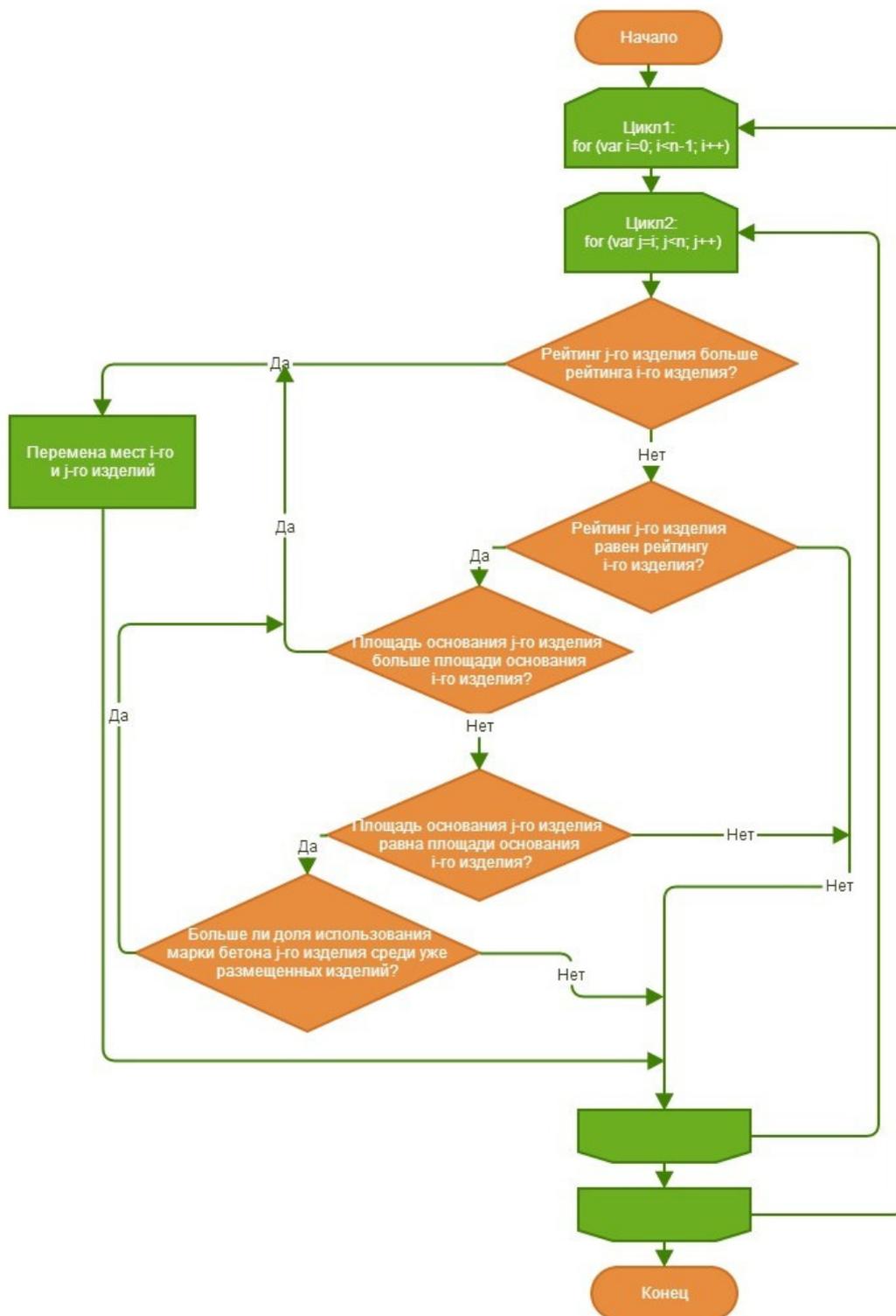


Рис. 5 Алгоритм формирования групп

Алгоритм определения оптимальных маршрутов доставки готовой продукции

Еще одной актуальной задачей является задача нахождения оптимальных маршрутов доставки готовой продукции заказчику. Необходимо оптимизировать процесс

доставки грузов таким образом, чтобы при минимальных затратах на топливо и амортизационные расходы (замена изношенных запчастей автомобилей, ремонт поломок, технический осмотр автомобилей) доставлять максимальное число заказов. Для этого нужен количественно обоснованный подход к принятию решений. Поэтому предлагается смоделировать все возможные варианты прохождения пунктов доставки продукции и выбрать наилучший вариант с учетом рассчитанной целевой функции. Под наилучшим вариантом в данном случае понимается вариант, при котором будет пройден наименьший путь.

С точки зрения минимизации транспортных расходов целесообразно осуществлять загрузку автомобиля, доставляющего готовую продукцию, максимально возможно с учетом условий доставки ЖБИ, технических возможностей автотранспорта и правовых норм доставки грузов. Затем, для каждого загруженного автомобиля необходимо построить оптимальный маршрут. Для этого предлагается найти все возможные маршруты и выбрать из них наикратчайший.

Рассмотрим подробнее алгоритм нахождения оптимального пути. Входными параметрами алгоритма являются номера пунктов доставки продукции и расстояния между пунктами. Выходными данными алгоритма является оптимальный маршрут обхода пунктов доставки. Для того чтобы найти оптимальный маршрут в данном случае необходимо перебрать большое, но конечное число вариантов. Наиболее точным способом найти наилучшее решение будет перебор всех возможных маршрутов, при условии, что программа будет отвечать требованиям быстродействия.

Необходимо сформировать массив размерности 2, элементами которого будут перестановки из пунктов доставки. Перестановкой из n элементов будет последовательность длины n , в которую каждый из элементов будет входить ровно по одному разу. Всего таких перестановок будет $n!$. Для нахождения этих перестановок будем использовать рекурсивный алгоритм, т.е. построим все перестановки для $n-1$ элементов, затем добавим к каждой из них n -й элемент всеми возможными n способами. Так, например, результатом работы функции для аргументов (3, [1, 2]) будет двумерный массив [[3, 1, 2], [1, 3, 2], [1, 2, 3]].

Добавляя к полученным перестановкам следующий элемент, для каждой перестановки получим новый двумерный массив, например, [[[4, 3, 1, 2], [3, 4, 1, 2], [3, 1, 4, 2], [3, 1, 2, 4]], [[...], [...], [...], [...]], [[...], [...], [...], [...]]]. Работать с таким

многомерным массивом неудобно, поэтому целесообразно привести его к двумерному виду.

Результат работы этой функции для нашего примера:

[[4, 3, 1, 2], [3, 4, 1, 2], [3, 1, 4, 2], [3, 1, 2, 4], [...], [...], [...], [...], [...], [...], [...], [...]].

Теперь необходимо выполнять эти действия в цикле и двигаться вправо, добавляя к перестановкам новые элементы, пока не будет достигнут конец массива пунктов доставки заказов. Результирующим массивом будет массив, полученный на последнем шаге. Также необходимо учесть, что в рамках данной задачи первым и последним элементом каждой перестановки результирующего массива будет исходный пункт - завод ЖБИ. Когда итоговый массив получен, можно рассчитать целевую функцию для каждого варианта, для этого сложим последовательно расстояния между пунктами каждого маршрута и выберем маршруты с наименьшей целевой функцией.

Для визуализации работы алгоритма были выбраны следующие средства: язык разметки HTML, позволяющий определить содержание веб-страницы, каскадные таблицы стилей CSS, определяющие ее внешний вид и элемент HTML5 canvas, управляемый сценариями на JavaScript.

На рисунке представлен результат работы программы для примера из 6 пунктов доставки. Расстояния между пунктами заданы в условных единицах.

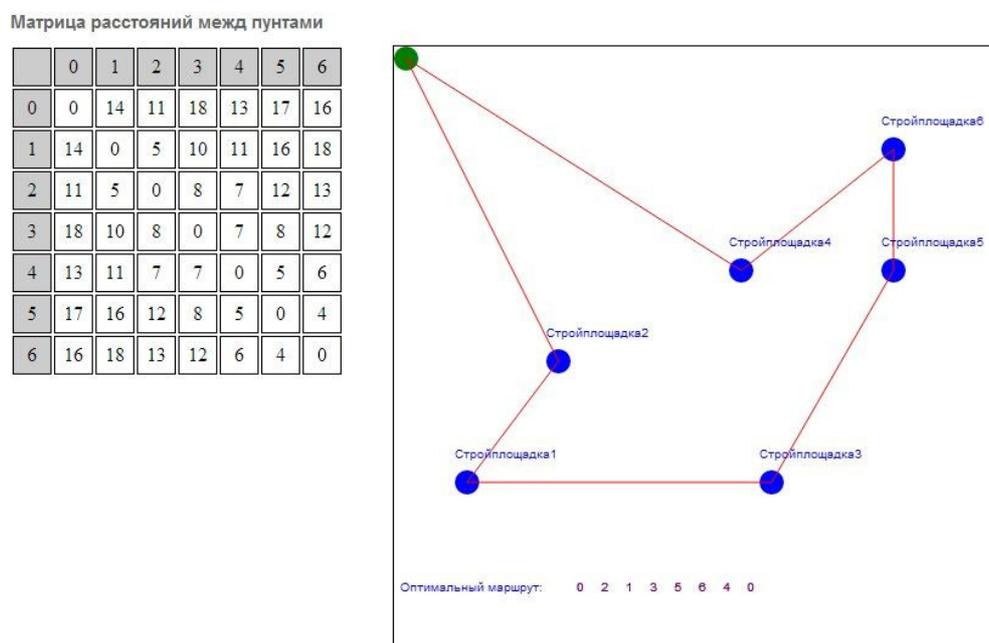


Рис. 6. Пример работы алгоритма определения оптимальных маршрутов доставки готовой продукции

Описанный алгоритм можно включить в автоматизированную систему управления заводом ЖБИ. Его использование позволит снизить транспортные расходы и оптимизировать процесс доставки готовой продукции. В дальнейшем планируется доработать данный алгоритм, добавив в него дополнительные правила для упорядочивания перестановок.

Список литературы

1. ГОСТ 25192-82 Бетоны. Классификация и общие технические требования. Введ. 1983-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1982. 6 с.
2. ГОСТ 19.701-90 Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Введ. 1992-01-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005. 24 с.
3. Ермаков А.В., Хоботов Е.Н. Алгоритмы размещения изделий в цеху формовки // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение. Электрон. Журн. 2013. № 6. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/585889.html> (дата обращения 18.04.2014).
4. Рыжиков А.О., Хоботов Е.Н. Алгоритм двумерного размещения форм в контейнер // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение. Электрон. Журн. 2013. №11. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/635531.html> (дата обращения 10.04.2014).
5. Хоботов Е.Н., Мелкишев В.Н., Сидоренко А.М. Система планирования для производств с параллельной сборкой изделий // Программные продукты и системы. 2012. №3. С. 210–214.
6. Хоботов Е.Н. Параллельные вычисления в задачах построения расписаний работ на предприятиях с учетом промежуточных сборок: Труды 6-ой международной конференции // «Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО'2012)». М., 2012. Т. 3. С. 306-316.