

Срывкина Л.Г., Чумерин Н.Ю.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ БРИГАД

Задача формирования графиков движения бригад по объектам строительства является одной из составляющих частей организационно-технологического планирования. Она решается на основании данных календарных планов строительства объектов, потребности в материальных ресурсах, а также в строительных машинах по объектам и работам с учетом ограничений по ресурсам, имеющимся в распоряжении строительной организации. При этом полученный на стадии текущего планирования работы строительной организации график движения бригад должен постоянно корректироваться в оперативном режиме с учетом информации о состоянии хода работ на объектах к началу планируемого периода и об обеспеченности строительства трудовыми, материально-техническими и финансовыми ресурсами. Составить оптимальный, сбалансированный по всем ресурсам план производственной деятельности в современных условиях можно только с применением методов оптимизации, средств вычислительной техники и компьютерных технологий.

Авторами предложен метод автоматизации формирования графиков движения бригад по объектам производственной программы подрядной организации в ходе оперативного планирования.

Диалоговое окно программы для ввода и обработки исходных данных представлено на рис 2. *Исходные данные задачи* включают:

1. Общие параметры:

T – продолжительность оперативного планового периода, дн.;

N – количество работ (заданий) в оперативном плане;

M – общее количество рабочих, чел.;

B – количество бригад (звеньев).

2. Характеристики работ (заданий):

$Q = [q_1, q_2, \dots, q_N]$ – вектор трудоемкостей N работ, чел.-дн.;

$R^{min} = [r_1^{min}, r_2^{min}, \dots, r_N^{min}]$ – вектор минимальных количеств ресурсов для N заданий (минимальных количеств рабочих (чел.) в рассматриваемой постановке задачи);

$R^{max} = [r_1^{max}, r_2^{max}, \dots, r_N^{max}]$ – вектор максимальных количеств ресурсов для N заданий;

$T^{min} = [t_1^{min}, t_2^{min}, \dots, t_N^{min}]$ – вектор ранних начал N заданий, дн.;

$T^{max} = [t_1^{max}, t_2^{max}, \dots, t_N^{max}]$ – вектор поздних окончаний N заданий, дн.;

$N^{br} = [n_1^{br}, n_2^{br}, \dots, n_N^{br}]$ – вектор возможных количеств одновременно работающих на одном задании бригад для N заданий. Минимальное значение n_i^{br} составляет единицу, максимально возможное – B .

Значения N , Q , T^{min} , T^{max} представляющие собой параметры заданий, входящих в оперативный план на рассматриваемый период T , определяются на основе сопоставления данных текущего плана (плана более высокого порядка по отношению к оперативному плану) с фактическим состоянием работ на объектах. В результате анализа этой информации и решения задачи стохастического программирования находится, какая часть заданий текущего плана может войти в оперативный план с учетом обеспеченности всеми необходимыми финансовыми и трудовыми ресурсами, материалами, деталями и конструкциями, а также строительными машинами и механизмами. Подробно способ решения этой задачи представлен в [2].

3. Состояния, достигнутые каждым рабочим к окончанию предыдущего планового периода:

$P = [p_1, p_2, \dots, p_M]$ – вектор номеров заданий j ($j = \overline{1, N}$), на которых данный рабочий был задействован в последний день предыдущего планового периода для M рабочих. Величина $p_i = 0$ означает, что i -й рабочий ($i = \overline{1, M}$) в последний день предшествующего планового периода работал на задании, не вошедшем в список заданий N рассматриваемого (нового) планового периода;

$P^t = [p_1^t, p_2^t, \dots, p_M^t]$ – вектор продолжительностей работы в предыдущем плановом периоде на последнем задании этого периода для M рабочих. Величина $p_i^t = 0$ соответствует ситуации $p_i = 0$ ($i = \overline{1, M}$) и означает (как и в векторе P), что i -й рабочий в последний день предшествующего планового периода работал на задании, не вошедшем в список заданий N рассматриваемого (нового) планового периода.

4. Распределение рабочих по бригадам (звеньям):

$A = [a_1, a_2, \dots, a_M]$ – вектор распределения рабочих по бригадам. Величина $a_i = k$ означает, что i -й рабочий является членом k -й бригады (звена), $i = \overline{1, M}$, $k = \overline{1, B}$.

5. Предпочтения при закреплении бригад (звеньев) за заданиями:

$P^{pr} = \begin{pmatrix} p_{11}^{pr} & \dots & p_{1j}^{pr} & \dots & p_{1N}^{pr} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{i1}^{pr} & \dots & p_{ij}^{pr} & \dots & p_{iN}^{pr} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{B1}^{pr} & \dots & p_{Bj}^{pr} & \dots & p_{BN}^{pr} \end{pmatrix}$ – матрица приоритетов

Срывкина Людмила Геннадьевна, ассистент кафедры экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Чумерин Николай Юрьевич, начальник Центра развития информационных технологий Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина.

Беларусь, БрГУ, 224665, г. Брест, бульвар Космонавтов, 21.

при закреплении B бригад (звеньев) за N заданиями. Элементы матрицы P^{pr} принимают значения $p_{ij}^{pr} \in [0; 1]$; при этом $p_{ij}^{pr} = 0$ означает, что назначение i -й бригады (звена) на j -тое задание невозможно, а $p_{ij}^{pr} = 1$ – назначение наиболее предпочтительно ($i = \overline{1, B}, j = \overline{1, N}$).

6. Планируемые потери рабочего времени:

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & \dots & d_{1j} & \dots & d_{1T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{i1} & \dots & d_{ij} & \dots & d_{iT} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{M1} & \dots & d_{Mj} & \dots & d_{MT} \end{pmatrix} - \text{матрица планируемых}$$

потерь рабочего времени для M рабочих в течение T дней. Элементы матрицы D могут принимать только два значения – ноль или единицу: $d_{ij} = 1$ – планируется невыход i -го рабочего в j -й день на работу; $d_{ij} = 0$ – никаких отклонений в использовании рабочего времени i -м рабочим в j -й день не планируется ($i = \overline{1, M}, j = \overline{1, T}$). Планируемые на рассматриваемый период отклонения в фонде рабочего времени рабочих могут быть связаны с отпусками без сохранения заработной платы по семейно-бытовым и другим уважительным причинам, предоставляемые по договоренности между работником и нанимателем, и отпусками, предоставляемыми по инициативе нанимателя.

7. Весовые коэффициенты штрафов в целевой функции:

$\Lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5]$ – вектор весовых коэффициентов штрафов в целевой функции (порядок определения целевой функции приведен ниже);

λ_1 – весовой коэффициент штрафа за превышение сроков выполнения заданий T^{max} ;

λ_2 – весовой коэффициент штрафа за частые смены заданий (неоднородность загрузки рабочих);

λ_3 – весовой коэффициент штрафа за смешивание нескольких бригад (звеньев) на одном задании;

λ_4 – весовой коэффициент штрафа за невыполнение планируемых объемов работ Q ;

λ_5 – весовой коэффициент штрафа за нарушение организационно-технологических условий R^{min} .

Ранее авторами были предложены четыре критерия оптимальности маршрута движения рабочих [1]:

- 1) соблюдение заданных сроков окончания выполнения заданий T^{max} ;
- 2) однородность загрузки рабочих. Она выражается для каждого рабочего:
 - – в минимальном количестве перебазировок с объекта на объект;
 - – в максимальной продолжительности работы на одном объекте между двумя смежными перебазировками;
- 3) выполнение отдельного задания, по возможности, силами одной бригады (звена), т.е. не смешивание нескольких бригад на одном задании;
- 4) выполнения запланированных объемов заданий Q полностью.

Соответственно были выдвинуты четыре частных критерия эффективности решения в виде минимума штрафов за нарушение соответствующих характеристик оптимальности маршрута:

- 1) v_1 – штраф за превышение сроков выполнения заданий T^{max} ;
- 2) v_2 – штраф за частые смены заданий (неоднородность загрузки рабочих);
- 3) v_3 – штраф за смешивание нескольких бригад (звеньев) на одном задании;
- 4) v_4 – штраф за невыполнение планируемых объемов Q .

Дальнейшая работа над алгоритмом выявила необходимость учета организационно-технологических ограничений по количеству ресурсов. Добиться выполнения ограничений по максимально допустимому количеству ресурсов для каждого задания R^{max} удастся непосредственно при формировании очередного маршрута S (см. блок-схему основного алгоритма). В то же время достичь выполнения ограничений по минимальному количеству ресурсов R^{min} аналогичным способом в предлагаемом алгоритме не представляется возможным. Поэтому предлагается обеспечивать выполнение ограничений по минимальному количеству ресурсов путем минимизации соответствующего штрафа v_5 за нарушение условий R^{min} .

Целевая функция представляет собой обобщенный критерий эффективности и строится как взвешенная сумма пяти частных критериев:

$$V = \sum_{i=1}^5 \lambda_i v_i \rightarrow \min, \tag{1}$$

где λ_i – вес частного критерия v_i ;

v_i – значение i -го частного критерия (штрафа).

Величины λ_i представляют собой нормированные «приоритеты» штрафов v_i за нарушения соответствующих характеристик оптимальности маршрута и для них должны соблюдаться условия:

$$\sum_{i=1}^5 \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0. \tag{2}$$

Чем большей важностью с точки зрения принимающего решение обладает соблюдение i -той характеристики оптимальности маршрута, тем большее значение должен принимать «приоритет» λ_i . Значения λ_i задаются ЛПР в исходных данных и могут быть предварительно определены с применением экспертных оценок.

Штрафы v_i определяются в разных единицах измерения. Поэтому для приведения к сопоставимым величинам, они нормируются и рассчитываются по общей формуле вида:

$$v_i = \frac{\overline{v_i}}{v_i^{max}}, \tag{3}$$

где $\overline{v_i}$ – среднее значение ненормированного штрафа, соответствующего i -му частному критерию оптимальности, $i = \overline{1, 5}$;

v_i^{max} – максимальное значение ненормированного штрафа, соответствующего i -му частному критерию оптимальности, $i = \overline{1, 5}$.

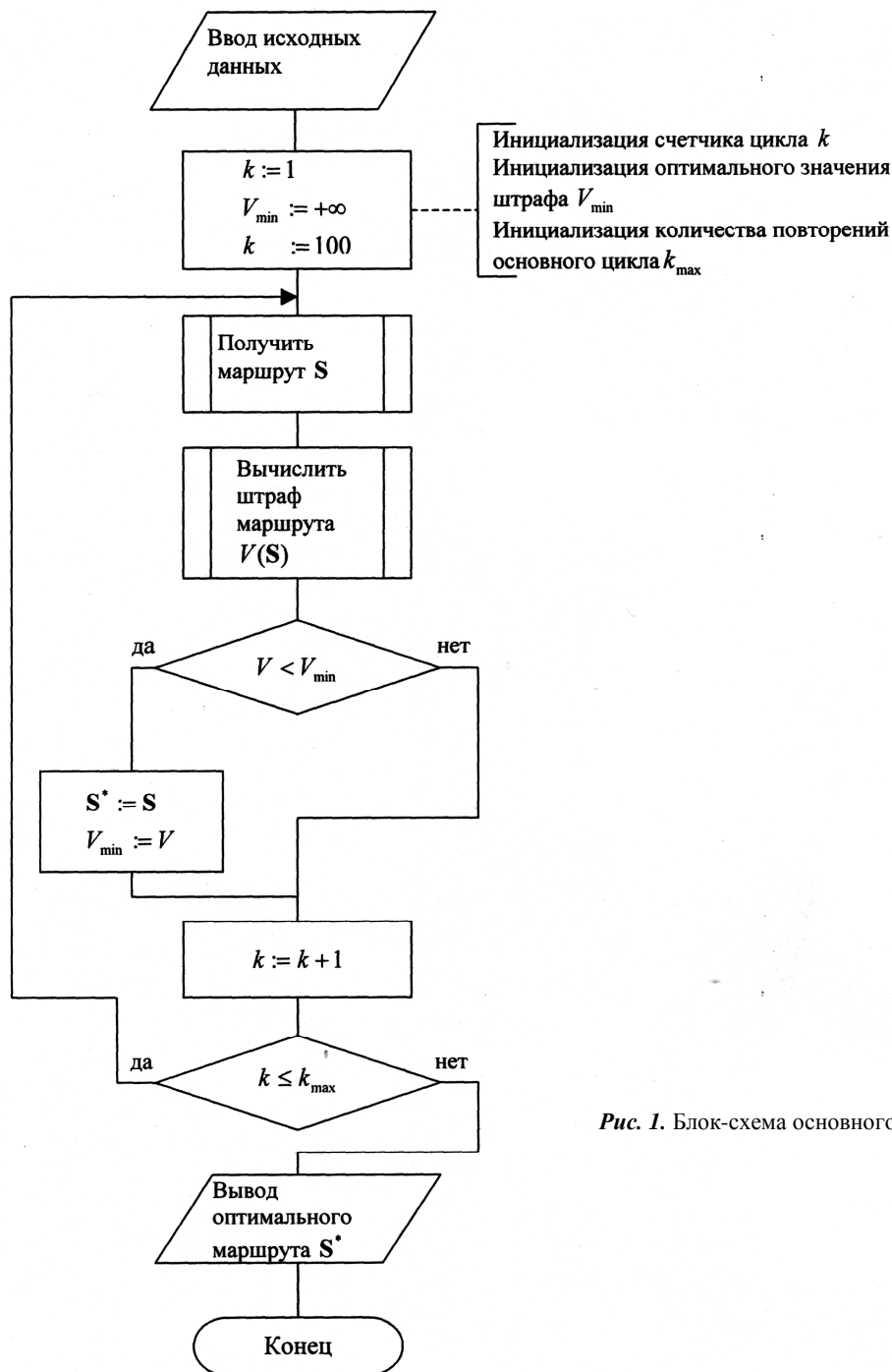


Рис. 1. Блок-схема основного алгоритма.

Порядок определения средних и максимальных ненормированных значений штрафов v_i ($i = \overline{1, 4}$), соответствующих первым четырем критериям оптимальности, приведен в []. Рассмотрим в данной статье порядок расчета штрафа v_5 за нарушение организационно-технологических условий R^{min} .

Среднее значение штрафа v_5 определяется по формуле:

$$v_5 = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^N v_{5,nt}}{T}, \quad (4)$$

где $v_{5,nt}$ – показатель нарушения условия R^{min} в t -й день на n -м задании:

$$v_{5,nt} = \begin{cases} 1, & \text{если условие } R^{min} \text{ нарушается;} \\ 0, & \text{если условие } R^{min} \text{ не нарушается.} \end{cases} \quad (5)$$

Значение v_5 определяется как среднее по всем заданиям за день. Максимальное значение штрафа v_5^{max} соответствует случаю, когда в некоторый день для всех заданий условие R^{min} нарушается, т.е.

$$v_5^{max} = N. \quad (6)$$

Маршрут S представляет собой матрицу формата $M \times T$. Элемент этой матрицы s_{ij} – номер задания для i -го рабочего на j -й день.

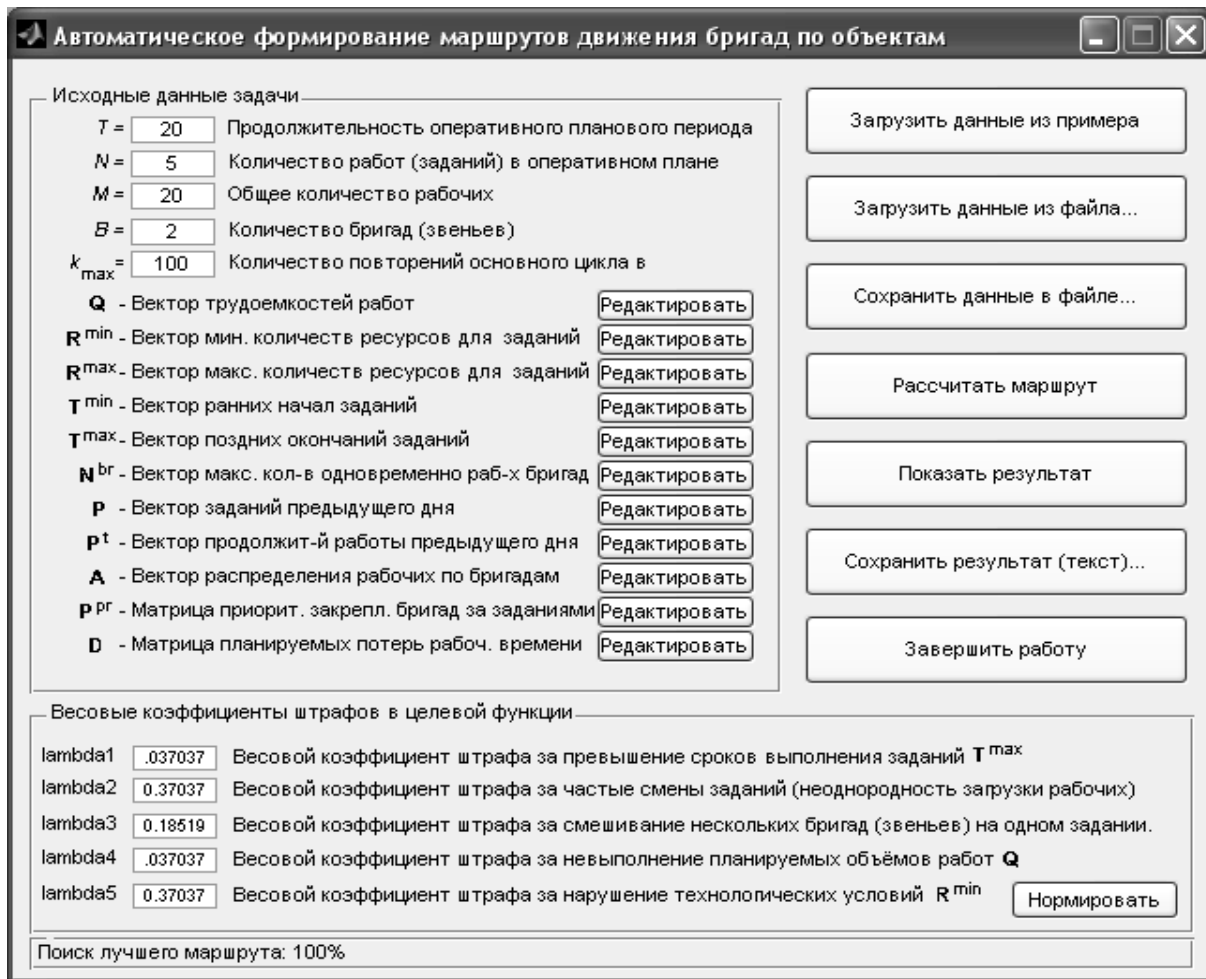


Рис. 2. Диалоговое окно программы для ввода и обработки исходных данных.

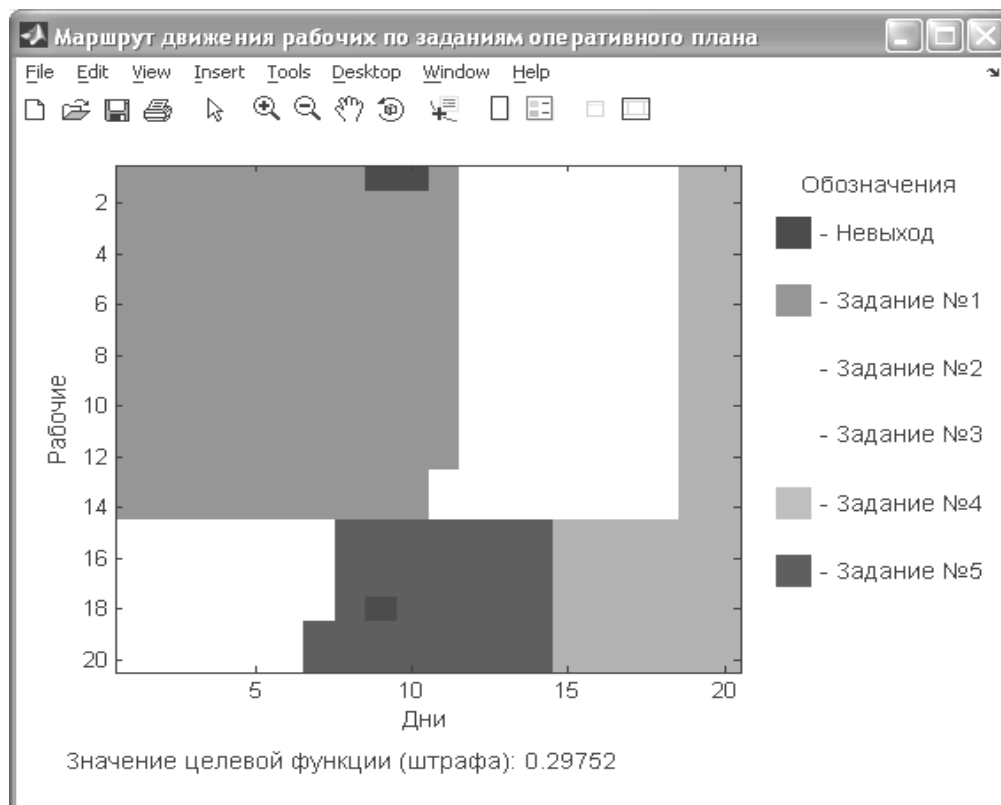


Рис. 3. Окно с графической интерпретацией маршрута движения рабочих.

При формировании маршрута S присутствует элемент случайности: при определении очередного задания s_{ij} выбор осуществляется в соответствии с вектором вероятностей $W(s_{ij}) = [w_1, w_2, \dots, w_N]$, где w_k – вероятность того, что i -й рабочий в j -й день будет работать на k -м задании ($i = \overline{1, M}, j = \overline{1, T}, k = \overline{1, N}$) с учетом принятых в задаче ограничений.

Процесс разработки маршрута S реализуется путем последовательного просмотра всех дней на отрезке $[1; T]$, и для каждого j -го дня он состоит из двух этапов.

Этап 1. Определяется возможность назначения i -го рабочего на то задание, где он был задействован в предыдущий день. Такое назначение может быть невозможно в двух случаях:

- 1) если работа на этом задании полностью завершена;
- 2) если планируется невыход на работу i -го рабочего в j -й день.

Эта процедура повторяется последовательно для всех M рабочих в данный день. Если назначение возможно, то величина s_{ij} получает значение, равное номеру соответствующего задания. Затем осуществляется переход ко второму этапу, на котором распределяются остальные рабочие.

Этап 2. Дальнейшее формирование маршрута S производится путем последовательного закрепления за заданиями рабочих, не распределенных на первом этапе. Подробное описание всех шагов второго этапа приведено в [1] и на сайте

УДК 624.138.003

Пчелин В.Н., Левчук А.А.

УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТА РЕГУЛИРУЕМОЙ ТРАМБОВКОЙ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ОДНОВРЕМЕННОГО НАНЕСЕНИЯ УДАРА В ДВУХ ТОЧКАХ УПЛОТНЕНИЯ

Для улучшения физико-механических свойств слабых грунтов основания, в ряде случаев, производят уплотнение грунта сбрасываемыми с высоты тяжелыми трамбовками.

Как показывают исследования, результаты которых представлены в [1], при уплотнении грунта трамбовками с созданием в грунте в процессе его уплотнения возрастающих динамических контактных напряжений от 0,6 до 2 МПа глубина уплотнения увеличивается на 15-20% с одновременным снижением энергозатрат на 14%. Кроме того, обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта, так как исключается образование буферной зоны (взрыхленного слоя).

Наиболее простым способом, обеспечивающим возрастание создаваемых трамбовкой постоянной массы в грунте динамических контактных напряжений, является способ, основанный на уменьшении рабочей площади трамбовки [1], для чего на объекте достаточно иметь набор трамбовок с разными рабочими площадями. Однако при этом увеличиваются затраты труда на уплотнение грунта, связанные с необходимостью периодической замены трамбовок.

Указанный недостаток устраняет трамбовка постоянной

[3], где также представлен текст программы, реализованной в системе MATLAB 7.0.

Программа позволяет:

- 1) получить маршрут, удовлетворяющий обобщенному условию эффективности (1), представленный как в графическом виде (рис. 3), так и виде текстового файла;
- 2) сохранить исходные данные в файле с расширением «dat» для последующей корректировки;
- 3) вводить исходные данные непосредственно в диалоговом режиме в окне «Автоматическое формирование маршрутов движения бригад по объектам» или путем корректировки файла с расширением «dat»;
- 4) предусмотреть, в случае необходимости, отдельную работу звеньев, или, наоборот, выполнение одного задания силами нескольких бригад (с учетом предпочтений при закреплении бригад (звеньев) за заданиями P'').

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Срывкина Л. Г., Чумерин Н. Ю. Метод автоматизации формирования маршрутов движения бригад и звеньев по объектам оперативного плана // Архитектура и строительство – 2005: Материалы I международного научно-практического семинара. – Брест: УО «Брестский государственный технический университет», 2005. – с. 108 – 117.
2. Павлючук Ю.Н., Срывкина Л.Г. Экономико-математическое моделирование процесса оперативного планирования в строительстве // Развитие инвестиционно-строительного комплекса России: Сб. научных трудов / Под общ. ред. С. М. Яровенко.- Москва: МИКХиС, 2004. – С. 182–187.
3. <http://www.exponenta.ru/educate/free/fileexchange/chumerin/chumerin.asp>

массы, у которой корпус выполнен из концентрично расположенных с возможностью их вертикального перемещения секций с фиксаторами каждой из них [2]. При этом уменьшение рабочей площади трамбовки достигается путем последовательного подъема с последующей фиксацией секций, начиная с наружной.

Однако данная трамбовка характеризуется сложностью конструкции и невысокой надежностью в работе, так как при нанесении ударов с поднятыми наружными секциями возникают большие динамические нагрузки, воздействующие на фиксаторы и приводящие к деформациям последних.

Кроме того, в каждом из циклов уплотнения грунта основания наносится удар только в одной точке уплотнения, что определяет невысокую производительность трамбовки, и обеспечивается невысокая плотность грунта в местах пересечения зон уплотнения грунта рядом расположенных точек уплотнения вследствие разновременного нанесения ударов в указанных точках.

Для упрощения конструкции трамбовки и повышения ее надежности, производительности и плотности уплотненного грунта авторами разработана новая конструкция трамбовки,

Пчелин Вячеслав Николаевич, доцент кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Левчук Александра Александровна, студентка строительного факультета Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.