

ЛИТЕРАТУРА

1. Классен, В.И. Омагничивание водных систем / В.И. Классен. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
2. Классен, В.И. О влиянии магнитной обработки воды на агрегативную устойчивость суспензии / В.И. Классен, Ю.З. Зиновьев // Коллоидный журнал. – 1967. – Т.29. – № 5. – С. 758 – 759.
3. Стукалов, П.С. Магнитная обработка воды / П.С. Стукалов, Е.В. Васильев, Н.А. Глебов. – Л.: Судостроение, 1969. – 190 с.
4. Измоденов, Ю.А. Магнитный метод газоводочистки / Ю.А. Измоденов, А.Ф. Скворцов. – Симферополь: Таврия, 1972. – 112 с.
5. Миненко, В.И. Магнитная обработка водно-дисперсных систем / В.И. Миненко. – Киев: Техника, 1970. – 165 с.
6. Мартьянов, Ю.А. Применение гидроциклона с наложенным магнитным полем при классификации магнетитовой руды и обесшламливания магнетитовых концентратов / Ю.А. Мартьянов, П.В. Мирошников, В.Ф. Ульянов // Очистка сточных и оборотных вод предприятий цветной металлургии. – Алма-Ата: Казмеханообр, 1969. – С. 166-174.
7. Новиков, Л.С. Обогащение в гидроциклонах / Л.С. Новиков, В.В. Троицкий. – М.: Недра, 1970. – 80 с.
8. Усачев, П.А. Испытание электромагнитного гидроциклона с концентратором магнитного потока / П.А. Усачев, П.И. Зеленов // Физико-химические основы обогащения полезных ископаемых. – Л.: Наука, 1972. – С. 96 – 101.
9. Шкрыкин, В.В. Способ повышения КПД малых котельных / В.В. Шкрыкин // Группа компаний СТКС [Электронный ресурс]. – 2002. – Режим доступа: http://www.stks.ru/1217_p1_n20718. – Дата доступа: 28.07.2006.
10. Гидромагнитная противонакипная установка ГЦБ-1 // Продукция компании Kwatro [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <http://www.kwatro.ru/index.php.produktID=21806>. – Дата доступа: 23.10.2006.
11. Казаков, А.Л. Обоснование необходимости интенсификации гидроциклонной очистки моющих растворов / А.Л. Казаков // «НИРС-2003»: тезисы докл. VIII респ. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Минск, 9–10 дек. 2003 г.: в 7 ч. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2003. – Ч. 3. – С. 125.
12. Мажугин, Е.И. Исследование влияния магнитной обработки на седиментацию загрязнений в воде и моющем растворе Лабомид-203 / Е.И. Мажугин, А.Л. Казаков // Агропанорама. – 2006. – № 6 – С. 35–39.
13. Электромагнитный аппарат: патент 1951 Респ. Беларусь, МПК В 04С 9/00/ Е.И. Мажугин, А.Л. Казаков. – № и 20040451; заявл. 01.10.2004; опубл. 30.06.2005 // Официальный бюллетень патентов на изобретения, полезные модели и промышленные знаки. – 2005. – № 2. – С. 275.
14. Матвеев, Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений: учеб. пособие для вузов / Н.М. Матвеев. – 4-е изд. – Минск: «Вышэйшая школа», 1974. – 766 с.
15. Товстоухатко, В.М. Магнитные пылеуловители / В.М. Товстоухатко. – Киев-Донецк: Вища школа, 1985. – 112 с.

УДК 004/656.1

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.11.2008

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОСТАВОК СЖИЖЕННОГО ГАЗА СЕЛЬСКИМ ПОТРЕБИТЕЛЯМ

Б.М. Астрахан, канд. техн. наук, доцент, П.В. Клавсуть, ст. препод., А.А. Вабищевич, студентка, М.Э. Ельцов, студент (УО БГАТУ); В.В. Бондарь, директор (РУ «Столбцырайгаз»)

Аннотация

Рассмотрена методика оптимизации маршрутов поставок баллонов со сжиженным газом посредством применения информационных технологий на базе пакета программ математического моделирования MATLAB. За критерий оптимизации принят суммарный пробег автотранспорта, представленного спецавтомобилями одного типа. Применение указанной методики по сравнению с традиционными методами планирования позволило снизить суммарный пробег на 15,1%.

Введение

Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь предусматривает мероприятия по энергосбережению ресурсов во всех сферах народного хозяйства. Эта концепция утверждена Указом Пре-

зидента Республики Беларусь №575 от 15. 11. 2007 г. [1, 2]. Для проведения указанных мероприятий целесообразно применение современных информационных технологий, в частности, на базе пакета программ математического моделирования MATLAB [3].

Изложим методику применения *MATLAB* для оптимизации маршрутов поставок сжиженного газа сельским потребителям. В качестве примера рассмотрим процесс поставок баллонов газа районным управлением (РУ) «Столбцырайгаз» потребителям Столбцовского района.

Основная часть

За критерий оптимизации процесса поставок целесообразно принять минимизацию суммарного пробега автотранспорта, представленного спецавтомобилями одного типа. При этом следует учитывать, что грузопместимость автомобиля должна быть не меньше суммарного заказа на маршруте.

Рассматриваемая задача может быть решена в программе *MATLAB*, в которую включен пакет *MATLOG* [4]. Для этого целесообразно использовать процедуру пакета *vrpsavings (VRP – vehicle routing problems)*, которая реализует алгоритм «функций выгод» Кларка-Райта [5].

Если на одном автомобиле невозможно доставить грузы во все пункты назначения (общее количество пунктов, включая базу поставки, которую рассматриваем как исходный пункт 1, обозначим через n_0), то на первом этапе процедуру *vrpsavings* целесообразно применить в виде:

$$[rte, TC, L, XFlg] = vrpsavings(C, q, Q), \quad (1)$$

где C – матрица размерности $n_0 \times n_0$ расстояний между всеми пунктами (диагональные элементы равны 0);

$q = [q(1), q(2), \dots, q(n_0)]$ – вектор размерности $1 \times n_0$ объемов заказов в пунктах 2, ..., n_0 (значение $q(1)$ соответствует исходному пункту и равно 0);

Q – грузопместимость автомобиля;

rte (*route*) – вектор размерностей каждого из кольцевых маршрутов с началом и концом в исходном пункте. Следовательно, если размерность равна $[1 \times n]$, то в маршрут (группу) входят $n - 2$ пункта назначения. Кроме того, компоненты вектора описывают, какие именно пункты входят в соответствующий маршрут и последовательность объезда этих пунктов;

TC (*total costs*) – вектор длин соответствующих маршрутов;

L (*loads*) – вектор загрузки автомобилей, направляемых на соответствующие маршруты;

$XFlg$ (*feasible, infeasible*) – показатель существования решения (= 1, если решение существует; = -1, если решение не существует).

На втором этапе для каждой группы пунктов следует уточнить оптимальный маршрут передвижения. Это можно сделать с помощью той же процедуры *vrpsavings*, но уже в модификации:

$$[rte, TC] = vrpsavings(C), \quad (2)$$

где C – матрица расстояний для рассматриваемой группы пунктов;

rte – последовательность пунктов в уточненном оптимальном маршруте;

TC – длина уточненного маршрута для рассматриваемой группы пунктов.

Кроме того, целесообразно применить процедуру (2) для каждого пункта маршрута, как исходного, т.к. речь идет о кольцевом контуре, а затем выбрать маршрут с наименьшей длиной.

Рассмотрим методику применения *MATLAB* для конкретного случая планирования маршрутов по доставке заявленных потребителями 100 баллонов из исходного пункта с кодом П1 в 31 пункт назначения с кодами П2 ... П32 в течение рабочего дня двумя спецавтомобилями ГАЗ-3307 с грузопместимостью до 66 баллонов.

При планировании традиционными методами данная совокупность пунктов была разбита диспетчером РУ на два маршрута (две группы).

Первый маршрут:

П1 → П31 → П32 → П2 → П3 → П4 → П5 → П7 → П6 → П8 → П9 → П11 → П10 → П29 → П30 → П1. Длина маршрута составила 168,2 км. Объем доставки – 48 баллонов.

Второй маршрут:

П1 → П18 → П13 → П12 → П15 → П16 → П14 → П17 → П24 → П28 → П19 → П20 → П21 → П23 → П22 → П27 → П25 → П26 → П1. Длина маршрута составила 232,4 км. Объем доставки – 52 баллона.

Таким образом, суммарный пробег составил 400,6 км.

Теперь используем указанные информационные технологии. В *MATLAB* создадим матрицу AA , в которую внесём расстояния между указанными пунктами, включая исходный (рис. 1, 2). Затем создадим величину $Q = 66$, соответствующую грузопместимости автомобиля и матрицу-строку q , в которую внесём объёмы поставок (рис. 3).

Далее с помощью процедуры (1) выполняем разделение пунктов на группы (рис. 4). В первую группу входят 11 пунктов доставки. Предварительная длина маршрута составляет 176,9 км. Объём доставки – 42 баллона. Во вторую группу входят 20 пунктов доставки. Объём доставки – 58 баллонов. Предварительная длина маршрута – 194,1 км.

Вывод значений компонент вектора rte (рис. 5) показывает последовательность объезда пунктов на маршрутах.

По этим значениям выделяем пункты, входящие в первый маршрут, и составляем для них новую матрицу расстояний $AA1$ (рис. 6), и пункты, входящие во второй маршрут, и составляем для них новую матрицу расстояний $AA2$ (рис. 7). Для матриц $AA1$ и $AA2$ выполняем решение посредством процедуры (2). При этом, как рекомендовалось выше, процедура (2) применялась для каждого пункта маршрута, как исходного, а затем выбирался маршрут с наименьшей длиной.

Для первой группы длина маршрута не изменилась и по-прежнему составила 176,9 км (рис. 8). Для второй группы посредством кольцевых перестановок в матрице $AA2$ (матрица $AA2p$) удалось уменьшить длину второго маршрута до значения 163,2 км (рис. 9).

Array Editor - AA

File Edit View Graphics Debug Desktop Window Help

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0 | 19 | 22 | 20 | 34 | 29 | 36 | 32 | 29 | 37 | 35 | 21 | 22.5 | 29 | 24 | 26 |
| 2 | 19 | 0 | 3 | 5 | 18.5 | 14 | 19 | 16 | 12.5 | 18 | 5 | 19 | 20 | 23.5 | 19 | 21 |
| 3 | 22 | 3 | 0 | 2 | 20 | 14.5 | 20 | 17.5 | 13.8 | 21.5 | 19 | 25 | 27 | 29.5 | 25 | 26.5 |
| 4 | 20 | 5 | 2 | 0 | 20 | 15 | 20.5 | 17.5 | 16.5 | 19 | 19 | 21.5 | 20.5 | 23.5 | 22 | 26 |
| 5 | 34 | 18.5 | 20 | 20 | 0 | 6 | 6 | 6 | 10 | 15 | 17.5 | 30 | 35 | 39 | 29 | 29 |
| 6 | 29 | 14 | 14.5 | 15 | 6 | 0 | 6.5 | 2 | 4 | 9.5 | 3 | 24.5 | 23.5 | 25 | 23 | 22 |
| 7 | 36 | 19 | 20 | 20.5 | 6 | 6.5 | 0 | 7 | 10 | 16 | 9.5 | 31 | 34 | 31 | 29 | 30 |
| 8 | 32 | 16 | 17.5 | 17.5 | 6 | 2 | 7 | 0 | 6 | 11 | 1 | 27 | 25 | 26 | 25 | 22 |
| 9 | 29 | 12.5 | 13.8 | 16.5 | 10 | 4 | 10 | 6 | 0 | 5 | 6 | 19 | 19 | 20 | 18 | 18 |
| 10 | 37 | 18 | 21.5 | 19 | 15 | 9.5 | 16 | 11 | 5 | 0 | 10.5 | 18 | 19 | 18 | 17 | 16.5 |
| 11 | 35 | 5 | 19 | 19 | 17.5 | 3 | 9.5 | 1 | 6 | 10.5 | 0 | 25.5 | 25 | 26 | 22 | 22 |
| 12 | 21 | 19 | 25 | 21.5 | 30 | 24.5 | 31 | 27 | 19 | 18 | 25.5 | 0 | 3 | 7 | 3 | 4.5 |
| 13 | 22.5 | 20 | 27 | 20.5 | 35 | 23.5 | 34 | 25 | 19 | 19 | 25 | 3 | 0 | 7 | 28 | 5 |
| 14 | 29 | 23.5 | 29.5 | 23.5 | 39 | 25 | 31 | 26 | 20 | 18 | 26 | 7 | 7 | 0 | 6 | 3 |
| 15 | 24 | 19 | 25 | 22 | 29 | 23 | 29 | 25 | 18 | 17 | 22 | 3 | 28 | 6 | 0 | 3 |
| 16 | 26 | 21 | 26.5 | 26 | 29 | 22 | 30 | 22 | 18 | 16.5 | 22 | 4.5 | 5 | 3 | 3 | 0 |
| 17 | 46.5 | 24 | 28 | 26.5 | 22 | 16 | 22 | 16 | 12 | 10 | 10.5 | 15 | 15 | 16.5 | 14 | 13 |
| 18 | 10 | 11 | 17 | 14 | 18 | 22 | 27.5 | 26 | 21 | 26 | 24 | 14 | 13.5 | 18 | 15 | 16 |
| 19 | 29 | 27.5 | 25 | 24 | 26.5 | 32 | 32 | 33.5 | 38 | 45 | 45 | 41 | 40 | 45 | 42 | 43 |
| 20 | 34 | 30 | 30 | 29 | 32.5 | 38 | 38 | 39.5 | 44 | 51 | 51 | 47 | 46.5 | 50.5 | 47.5 | 48 |
| 21 | 35 | 38 | 38 | 32 | 33.5 | 39 | 39 | 40.5 | 45 | 52 | 52 | 48 | 47 | 52 | 49 | 50 |
| 22 | 38 | 41 | 41 | 35 | 35.5 | 41 | 41 | 42.5 | 47 | 54 | 54 | 51 | 50 | 55 | 52 | 53 |
| 23 | 44 | 47 | 47 | 51 | 40.5 | 46 | 46 | 47.5 | 52 | 59 | 59 | 57 | 56 | 61 | 58 | 59 |
| 24 | 8 | 24 | 29 | 27.3 | 40 | 40 | 41 | 41 | 37 | 41 | 42 | 26 | 25 | 30 | 27 | 28 |
| 25 | 40 | 62.5 | 62.5 | 54 | 59 | 64.7 | 65.2 | 68.5 | 74 | 76 | 67.8 | 58 | 57 | 62 | 59 | 60 |
| 26 | 30 | 49.5 | 49.5 | 42 | 41 | 42.5 | 49.5 | 50 | 50 | 53 | 57.5 | 49.3 | 42.5 | 47.5 | 44 | 46.7 |
| 27 | 17.2 | 37 | 31 | 28.5 | 25.8 | 32 | 33 | 36 | 39 | 42.5 | 40 | 31 | 24 | 29 | 25.5 | 28 |
| 28 | 11.5 | 18 | 12 | 9.5 | 19 | 25 | 26 | 29 | 31 | 34 | 30 | 35 | 38 | 43 | 39.5 | 42 |
| 29 | 27.5 | 25 | 29 | 27 | 33 | 23.2 | 32.5 | 25.2 | 28.5 | 20 | 24.3 | 9.5 | 10 | 10 | 8.2 | 8 |
| 30 | 32.5 | 39 | 44.5 | 43.2 | 53.7 | 48 | 55 | 48.2 | 42 | 40.5 | 47.2 | 29.2 | 30 | 33 | 31.2 | 30 |
| 31 | 4.5 | 22 | 25 | 26.7 | 38 | 38.5 | 38.5 | 42.5 | 33 | 37.5 | 41.5 | 23 | 22 | 28 | 23.5 | 25.5 |
| 32 | 9.5 | 21 | 24 | 25.7 | 37 | 37.5 | 37.5 | 41.5 | 32 | 36.5 | 40.5 | 24.5 | 23.5 | 29.5 | 25 | 27 |

Рисунок 1. Матрица расстояний между пунктами, км (столбцы 1-16)

| | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 46.5 | 10 | 29 | 34 | 35 | 38 | 44 | 8 | 40 | 30 | 17.2 | 11.5 | 27.5 | 32.5 | 4.5 | 9.5 |
| 2 | 24 | 11 | 27.5 | 30 | 38 | 41 | 47 | 24 | 62.5 | 49.5 | 37 | 18 | 25 | 39 | 22 | 21 |
| 3 | 28 | 17 | 25 | 30 | 38 | 41 | 47 | 29 | 62.5 | 49.5 | 31 | 12 | 29 | 44.5 | 25 | 24 |
| 4 | 26.5 | 14 | 24 | 29 | 32 | 35 | 51 | 27.3 | 54 | 42 | 28.5 | 9.5 | 27 | 43.2 | 26.7 | 25.7 |
| 5 | 22 | 18 | 26.5 | 32.5 | 33.5 | 35.5 | 40.5 | 40 | 59 | 41 | 25.8 | 19 | 33 | 53.7 | 38 | 37 |
| 6 | 16 | 22 | 32 | 38 | 39 | 41 | 46 | 40 | 64.7 | 42.5 | 32 | 25 | 23.2 | 48 | 38.5 | 37.5 |
| 7 | 22 | 27.5 | 32 | 38 | 39 | 41 | 46 | 41 | 65.2 | 49.5 | 33 | 26 | 32.5 | 55 | 38.5 | 37.5 |
| 8 | 16 | 0 | 33.5 | 39.5 | 40.5 | 42.5 | 47.5 | 41 | 68.5 | 50 | 36 | 29 | 25.2 | 48.2 | 42.5 | 41.5 |
| 9 | 12 | 21 | 38 | 44 | 45 | 47 | 52 | 37 | 74 | 50 | 39 | 31 | 28.5 | 42 | 33 | 32 |
| 10 | 10 | 26 | 45 | 51 | 52 | 54 | 59 | 41 | 76 | 53 | 42.5 | 34 | 20 | 40.5 | 37.5 | 36.5 |
| 11 | 10.5 | 24 | 45 | 51 | 52 | 54 | 59 | 42 | 67.8 | 57.5 | 40 | 30 | 24.3 | 47.2 | 41.5 | 40.5 |
| 12 | 15 | 14 | 41 | 47 | 48 | 51 | 57 | 26 | 58 | 49.3 | 31 | 35 | 9.5 | 29.2 | 23 | 24.5 |
| 13 | 15 | 13.5 | 40 | 46.5 | 47 | 50 | 56 | 25 | 57 | 42.5 | 24 | 38 | 10 | 30 | 22 | 23.5 |
| 14 | 16.5 | 18 | 45 | 50.5 | 52 | 55 | 61 | 30 | 62 | 47.5 | 29 | 43 | 10 | 33 | 28 | 29.5 |
| 15 | 14 | 15 | 42 | 47.5 | 49 | 52 | 58 | 27 | 59 | 44 | 25.5 | 39.5 | 8.2 | 31.2 | 23.5 | 25 |
| 16 | 13 | 16 | 43 | 48 | 50 | 53 | 59 | 28 | 60 | 46.7 | 28 | 42 | 8 | 30 | 25.5 | 27 |
| 17 | 0 | 26 | 54 | 59 | 59 | 62 | 68 | 36 | 69 | 55.2 | 43 | 46.5 | 16 | 37 | 35 | 37.5 |
| 18 | 26 | 0 | 31 | 36 | 36 | 39 | 45 | 12 | 39 | 31.2 | 18.2 | 21 | 20.7 | 34 | 10 | 9 |
| 19 | 54 | 31 | 0 | 10 | 9 | 11 | 17.5 | 25 | 50 | 35 | 25 | 13.2 | 54 | 61 | 33.2 | 37 |
| 20 | 59 | 36 | 10 | 0 | 6 | 9 | 15 | 29.5 | 54.6 | 33.5 | 29.5 | 18 | 59 | 66.2 | 38 | 42 |
| 21 | 59 | 36 | 9 | 6 | 0 | 9 | 15 | 29.5 | 55.7 | 39 | 30.2 | 18 | 59 | 66.2 | 38 | 42 |
| 22 | 62 | 39 | 11 | 9 | 9 | 0 | 9 | 33 | 59 | 42 | 33.5 | 22 | 63 | 69.5 | 41 | 45 |
| 23 | 68 | 45 | 17.5 | 15 | 15 | 9 | 0 | 40 | 65 | 47.5 | 39 | 27.2 | 66 | 75.5 | 46.7 | 50.7 |
| 24 | 36 | 12 | 25 | 29.5 | 29.5 | 33 | 40 | 0 | 29.5 | 19.5 | 10 | 12.5 | 34 | 38.5 | 11.5 | 10.5 |
| 25 | 69 | 39 | 50 | 54.6 | 55.7 | 59 | 65 | 29.5 | 0 | 12 | 33.2 | 36 | 65.8 | 67 | 39.5 | 45 |
| 26 | 55.2 | 31.2 | 35 | 33.5 | 39 | 42 | 47.5 | 19.5 | 12 | 0 | 24 | 27 | 56 | 57.2 | 30 | 33.7 |
| 27 | 43 | 18.2 | 25 | 29.5 | 30.2 | 33.5 | 39 | 10 | 33.2 | 24 | 0 | 10.3 | 40 | 47.5 | 20 | 25 |
| 28 | 46.5 | 21 | 13.2 | 18 | 18 | 22 | 27.2 | 12.5 | 36 | 27 | 10.3 | 0 | 42.5 | 49 | 21.5 | 26 |
| 29 | 16 | 20.7 | 54 | 59 | 59 | 63 | 66 | 34 | 65.8 | 56 | 40 | 42.5 | 0 | 20 | 27 | 18.5 |
| 30 | 37 | 34 | 61 | 66.2 | 66.2 | 69.5 | 75.5 | 38.5 | 67 | 57.2 | 47.5 | 49 | 20 | 0 | 32 | 25 |
| 31 | 35 | 10 | 33.2 | 38 | 38 | 41 | 46.7 | 11.5 | 39.5 | 30 | 20 | 21.5 | 27 | 32 | 0 | 8.2 |
| 32 | 37.5 | 9 | 37 | 42 | 42 | 45 | 50.7 | 10.5 | 45 | 33.7 | 25 | 26 | 18.5 | 25 | 8.2 | 0 |

Рисунок 2. Матрица расстояний между пунктами, км (столбцы 17-32)

Array Editor: q

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 6 | 1 | 5 | 1 | 3 | 4 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 11 | 1 | 5 |

Array Editor: q

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 11 | 1 | 5 | 4 | 2 | 6 | 1 | 1 | 2 | 1 | 8 | 17 | 3 | 1 | 1 |

Рисунок 3. Объёмы доставки баллонов в населенные пункты, шт.

```

MATLAB
File Edit View Web Window Help
Current Directory: C:\MATLAB6p5\work
>> [rte,TC,L,XFlg] = vrpsavings(AA,q,Q)

rte =

    [1x13 double]    [1x22 double]

TC =

    176.9
    194.2

L =

    42    58

XFlg =

    1

>>
    
```

Рисунок 4. Расчет маршрутов: разделение на группы, длина маршрутов, объёмы доставки

```

MATLAB
File Edit View Web Window Help
Current Directory: C:\MATLAB6p5\work
>> rte(1)

ans =

    1    28    19    23    22    21    20    26    25    27    24    18    1

>> rte(2)

ans =

Columns 1 through 18

    1    31    32    30    29    16    14    15    12    13    4    3    2    6    7

Columns 19 through 22

    17    10    9    1

>>
    
```

Рисунок 5. Расчет маршрутов: последовательность объезда пунктов на маршрутах

Array Editor: AA1

File Edit View Web Window Help

Numeric format: shortG Size: 12 by 12

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0 | 10 | 29 | 34 | 35 | 38 | 44 | 8 | 40 | 30 | 17.2 | 11.5 |
| 2 | 10 | 0 | 31 | 36 | 36 | 39 | 45 | 12 | 39 | 31.2 | 18.2 | 21 |
| 3 | 29 | 31 | 0 | 10 | 9 | 11 | 17.5 | 25 | 50 | 35 | 25 | 13.2 |
| 4 | 34 | 36 | 10 | 0 | 6 | 9 | 15 | 29.5 | 54.6 | 33.5 | 29.5 | 18 |
| 5 | 35 | 36 | 9 | 6 | 0 | 9 | 15 | 29.5 | 55.7 | 39 | 30.2 | 18 |
| 6 | 38 | 39 | 11 | 9 | 9 | 0 | 9 | 33 | 59 | 42 | 33.5 | 22 |
| 7 | 44 | 45 | 17.5 | 15 | 15 | 9 | 0 | 40 | 65 | 47.5 | 39 | 27.2 |
| 8 | 8 | 12 | 25 | 29.5 | 29.5 | 33 | 40 | 0 | 29.5 | 19.5 | 10 | 12.5 |
| 9 | 40 | 39 | 50 | 54.6 | 55.7 | 59 | 65 | 29.5 | 0 | 12 | 33.2 | 36 |
| 10 | 30 | 31.2 | 35 | 33.5 | 39 | 42 | 47.5 | 19.5 | 12 | 0 | 24 | 27 |
| 11 | 17.2 | 18.2 | 25 | 29.5 | 30.2 | 33.5 | 39 | 10 | 33.2 | 24 | 0 | 10.3 |
| 12 | 11.5 | 21 | 13.2 | 18 | 18 | 22 | 27.2 | 12.5 | 36 | 27 | 10.3 | 0 |

Рисунок 6. Матрица расстояний для первого маршрута

Array Editor - AA2

File Edit View Graphics Debug Desktop Window Help

Stack: Base

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0 | 19 | 22 | 20 | 34 | 29 | 36 | 32 | 29 | 37 | 35 | 21 | 22.5 | 29 | 24 | 26 | 46.5 | 27.5 | 32.5 | 4.5 | 9.5 |
| 2 | 19 | 0 | 3 | 5 | 18.5 | 14 | 19 | 16 | 12.5 | 18 | 5 | 19 | 20 | 23.5 | 19 | 21 | 24 | 25 | 39 | 22 | 21 |
| 3 | 22 | 3 | 0 | 2 | 20 | 14.5 | 20 | 17.5 | 13.8 | 21.5 | 19 | 25 | 27 | 29.5 | 25 | 26.5 | 28 | 29 | 44.5 | 25 | 24 |
| 4 | 20 | 5 | 2 | 0 | 20 | 15 | 20.5 | 17.5 | 16.5 | 19 | 19 | 21.5 | 20.5 | 23.5 | 22 | 26 | 26.5 | 27 | 43.2 | 26.7 | 25.7 |
| 5 | 34 | 18.5 | 20 | 20 | 0 | 6 | 6 | 6 | 10 | 15 | 17.5 | 30 | 35 | 39 | 29 | 29 | 22 | 33 | 53.7 | 38 | 37 |
| 6 | 29 | 14 | 14.5 | 15 | 6 | 0 | 6.5 | 2 | 4 | 9.5 | 3 | 24.5 | 23.5 | 25 | 23 | 22 | 16 | 23.2 | 48 | 38.5 | 37.5 |
| 7 | 36 | 19 | 20 | 20.5 | 6 | 6.5 | 0 | 7 | 10 | 16 | 9.5 | 31 | 34 | 31 | 29 | 30 | 22 | 32.5 | 55 | 38.5 | 37.5 |
| 8 | 32 | 16 | 17.5 | 17.5 | 6 | 2 | 7 | 0 | 6 | 11 | 1 | 27 | 25 | 26 | 25 | 22 | 16 | 25.2 | 48.2 | 42.5 | 41.5 |
| 9 | 29 | 12.5 | 13.8 | 16.5 | 10 | 4 | 10 | 6 | 0 | 5 | 6 | 19 | 19 | 20 | 18 | 18 | 12 | 28.5 | 42 | 33 | 32 |
| 10 | 37 | 18 | 21.5 | 19 | 15 | 9.5 | 16 | 11 | 5 | 0 | 10.5 | 18 | 19 | 18 | 17 | 16.5 | 10 | 20 | 40.5 | 37.5 | 36.5 |
| 11 | 35 | 5 | 19 | 19 | 17.5 | 3 | 9.5 | 1 | 6 | 10.5 | 0 | 25.5 | 25 | 26 | 22 | 22 | 10.5 | 24.3 | 47.2 | 41.5 | 40.5 |
| 12 | 21 | 19 | 25 | 21.5 | 30 | 24.5 | 31 | 27 | 19 | 18 | 25.5 | 0 | 3 | 7 | 3 | 4.5 | 15 | 9.5 | 29.2 | 23 | 24.5 |
| 13 | 22.5 | 20 | 27 | 20.5 | 35 | 23.5 | 34 | 25 | 19 | 19 | 25 | 3 | 0 | 7 | 28 | 5 | 15 | 10 | 30 | 22 | 23.5 |
| 14 | 29 | 23.5 | 29.5 | 23.5 | 39 | 25 | 31 | 26 | 20 | 18 | 26 | 7 | 7 | 0 | 6 | 3 | 16.5 | 10 | 33 | 28 | 29.5 |
| 15 | 24 | 19 | 25 | 22 | 29 | 23 | 29 | 25 | 18 | 17 | 22 | 3 | 28 | 6 | 0 | 3 | 14 | 8.2 | 31.2 | 23.5 | 25 |
| 16 | 26 | 21 | 26.5 | 26 | 29 | 22 | 30 | 22 | 18 | 16.5 | 22 | 4.5 | 5 | 3 | 3 | 0 | 13 | 8 | 30 | 25.5 | 27 |
| 17 | 46.5 | 24 | 28 | 26.5 | 22 | 16 | 22 | 16 | 12 | 10 | 10.5 | 15 | 15 | 16.5 | 14 | 13 | 0 | 16 | 37 | 35 | 37.5 |
| 18 | 27.5 | 25 | 29 | 27 | 33 | 23.2 | 32.5 | 25.2 | 28.5 | 20 | 24.3 | 9.5 | 10 | 10 | 8.2 | 8 | 16 | 0 | 20 | 27 | 18.5 |
| 19 | 32.5 | 39 | 44.5 | 43.2 | 53.7 | 48 | 55 | 48.2 | 42 | 40.5 | 47.2 | 29.2 | 30 | 33 | 31.2 | 30 | 37 | 20 | 0 | 32 | 25 |
| 20 | 4.5 | 22 | 25 | 26.7 | 38 | 38.5 | 38.5 | 42.5 | 33 | 37.5 | 41.5 | 23 | 22 | 28 | 23.5 | 25.5 | 35 | 27 | 32 | 0 | 8.2 |
| 21 | 9.5 | 21 | 24 | 25.7 | 37 | 37.5 | 37.5 | 41.5 | 32 | 36.5 | 40.5 | 24.5 | 23.5 | 29.5 | 25 | 27 | 37.5 | 18.5 | 25 | 8.2 | 0 |

Рисунок 7. Матрица расстояний для второго маршрута

MATLAB

File Edit View Web Window Help

Current Directory: C:\MATLAB\p5\work

```
>> [rte,TC] = vrpsavings(AA1)

rte =

     1     12     3     7     6     5     4     10     9     11     8     2     1

TC =

    176.9

>>
```

Рисунок 8. Расчёт уточненного первого маршрута

```
File Edit Debug Desktop Window Help
>> [rte,TC]=vrpsavings(AA2p)

rte =

    [1x22 double]

TC =

    163.2000

>> rte{1}

ans =

Columns 1 through 19

     1     2    21     3     6    18    19    20    17    15    16    14    13     9    11    10     7     8    12

Columns 20 through 22

     5     4     1
```

Рисунок 9. Расчёт уточненного второго маршрута

Для первого маршрута последовательность объезда в исходных кодах составит:

П1 → П18 → П24 → П27 → П25 → П26 → П20 → П21 → П22 → П23 → П19 → П28 → П1.

Для второго маршрута последовательность объезда в исходных кодах составит:

П1 → П4 → П3 → П2 → П11 → П8 → П5 → П7 → П6 → П9 → П10 → П17 → П13 → П12 → П15 → П16 → П14 → П29 → П30 → П32 → П31 → П1.

Таким образом, суммарный пробег автотранспорта снизился с 400,6 км до 340.1 км, т.е. уменьшился на 15,1%.

Заключение

Математическое моделирование в *MATLAB* может эффективно использоваться для оптимизации маршрутов поставок сжиженного газа сельским потребителям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Государственной комплексной программы модернизации основных производ-

ственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов на период до 2011 года: Указ Президента РБ от 15.11.2007 г. № 575.

2. Ткачев, С. Стратегия развития национальной энергетики / С.Ткачев, В. Тимошпольский // Наука и инновации. – Минск, 2007. – №11. – С.16 – 24.

3. Ануфриев, И.Е. *MATLAB 7* / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

4. Астрахан, Б.М. Методика применения информационных технологий *MATLAB* для оптимизации процесса перевозок / Б.М. Астрахан // Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе: сб. науч. ст. 3-я Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 29-30 мая 2008г: в 2ч. / БГАТУ. – Минск, 2008. – Ч. 2. – С. 62-65.

5. Геронимус, Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте / Б. Л. Геронимус, Л.В. Царфин.– М.:Транспорт, 1988. – 192 с.

Измеритель влажности сырья ИВС-1



Измеритель влажности предназначен для экспресс-измерения влажности сырья (зерна, муки, макаронного теста, готовых макарон, сухарей и т.д.) в лабораторных и перерабатывающих цехах. Прибор обеспечивает измерения влажности от 5 до 40% при изменении основной погрешности от 0,5 до 1,5%. Быстрый контроль влажности сырья, например, при производстве макарон позволяет уменьшить расход муки, снизить риск выхода из строя технологического оборудования, не допустить пересушки макарон и тем самым сократить расход энергии и себестоимость производства.

Автор: Корко В.С., кандидат технических наук, доцент