УДК 519.816

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАТЕРИАЛА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ ЗАВОДОМ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

ON THE OPTIMAL USE OF MATERIAL FOR MANUFACTURING PRODUCTS BY A METAL CONSTRUCTION PLANT

©Нараевский О. А.
Южно–Российский государственный
политехнический университет им. М. И. Платова
г. Новочеркасск, Россия, noa.oleg96@yandex.ru
©Naraevskii O.
Platov South–Russian state polytechnic university
Novocherkassk, Russia, noa.oleg96@yandex.ru
©Черноморова Т. С.
Южно–Российский государственный
политехнический университет им. М. И. Платова
г. Новочеркасск, Россия, tatyana.chernomorova@gmail.com
©Chernomorova T.
Platov South–Russian state polytechnic university
Novocherkassk, Russia, tatyana.chernomorova@gmail.com

Аннотация. В рамках работы решается задача оптимизации производства изделий безопасности дорожного движения на предприятии ООО «Северо–Кавказский завод металлоконструкций». Необходимо изготовить максимальное количество знаков дорожного движения определенного вида из листов металла различной размерности при этом следует стремиться минимизировать отходы производства. В качестве концептуальной модели выбрана задача о рюкзаке из теории принятия решений. В настоящей статье используются и сравниваются результаты работы двух методов: простого перебора и метода ветвей и границ. Демонстрируется оригинальный алгоритм, выполненный на платформе СУБД *Oracle 11g* на встроенном языке *PL/SQL*.

Abstract. As part work, the task of optimizing the production of road safety products at the North Caucasian Plant of Metal Constructions LLC is being solved. As a conceptual model, the problem of a backpack from decision theory has been chosen. In this paper, we use and compare the results of two methods: a simple search and a method of branches and boundaries. It is necessary to make the maximum number of road signs of a certain type from sheets of metal of various dimensions while minimizing production waste. The original algorithm executed on the Oracle 11g database platform in the built-in PL/SQL language is demonstrated.

Ключевые слова: метод перебора, задача о рюкзаке, метод ветвей и границ, оптимизация производства.

Keywords: brute–force method, knapsack problem, branches and borders method, production optimization.

Завод металлоконструкций производит различную продукцию для обеспечения безопасности на дорогах, а именно: дорожные знаки, дорожные ограждения, стойки под знаки, опоры, мачты и прочее. Изделия изготавливаются из листов металла различного размера. Необходимо изготовить максимальное количество изделий из предложенного

материала, и количество отходов должно быть минимальным. Для разрешения этой проблемы предлагается использовать в качестве концептуальной модели задачу о ранце/рюкзаке из теории принятия решений [1]. В настоящей работе рассмотрены два метода оптимизации производства дорожных знаков различной формы: метод простого перебора и метод ветвей и границ. Алгоритмы реализованы на *PL/SQL*. Это процедурное расширение языка *SQL*, разработанное корпорацией *Oracle*. Исходные данные для работы алгоритмов читаются из базы данных (Рисунок 1), которые предварительно были загружены в процессе поставки на предприятие листов металла различного размера. Результат вычислений помещается в базу данных.

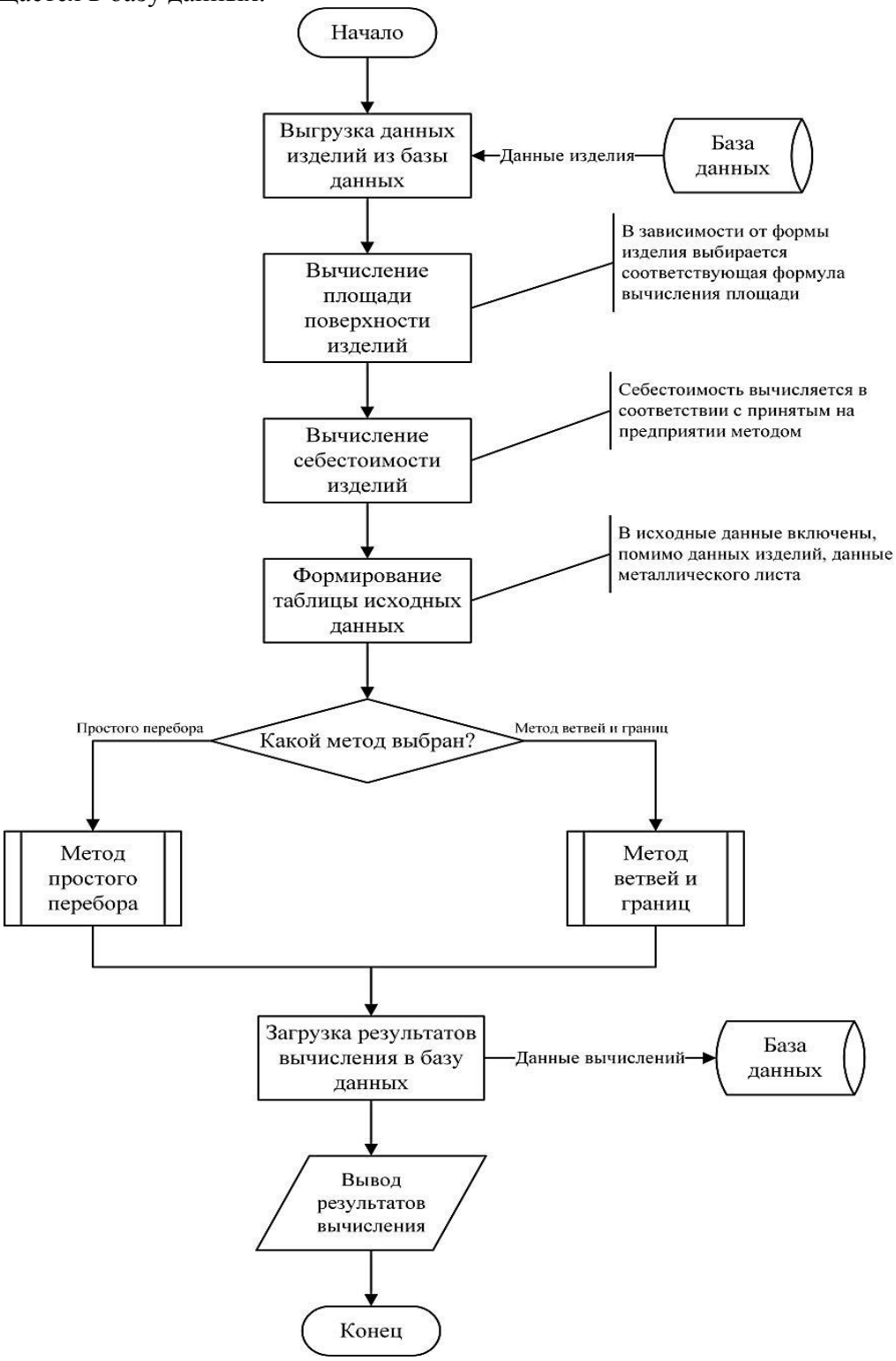

Рисунок 1. Обобщенная блок–схема алгоритмов.

Цель решения этой задачи — сравнить работу алгоритмов по снижению издержек на производстве. В работе алгоритмов этих методов выделяются несколько этапов.

Постановка задачи

Имеется лист металла размером b. Требуется изготовить из него $J = \{1,2, \ldots, j, \ldots, n\}$ предметов. Для каждого предмета задана его ценность $c_j, j = \{1,2,..,n\}$ и размер a_j. Необходимо найти такой максимальный набор изделий, чтобы выполнялось ограничение на суммарное количество изделий из конкретного металлического листа.

Критерий: $\sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j \Rightarrow \max$, ограничение: $\sum_{j=1}^{n} a_j\, x_j <= b$, *где* $x_j = \{0,1\}$.

Начальный этап

На начальном этапе формируется таблица исходных данных, которые будут использоваться при вычислении. Для этого из базы данных запрашивается информация о дорожных знаках, которые необходимо изготовить; данные о листе металла, из которого требуется изготовить знаки. Дорожные знаки имеют различную форму, и площадь рассчитывается, исходя из формы. Примеры основных форм дорожных знаков и формулы расчета площади показаны на Рисунке 2.

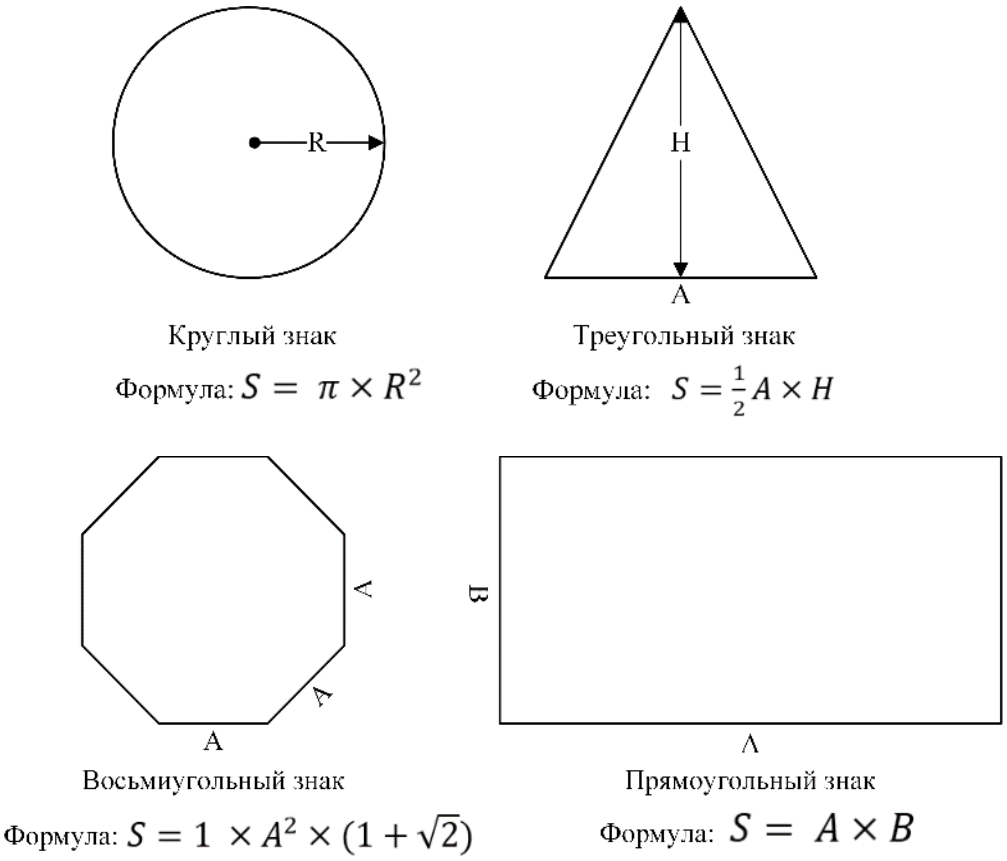

Рисунок 2. Формы дорожных знаков.

На Рисунках 3 и 4 демонстрируется результат работы *SQL*–запроса, который из базы данных читает информацию о продукции завода (дорожных знаках) и материале изготовления (металлических листах).

	ID_OSNOVI	FORMFACTOR	DLINA	SHIRINA	RADIUS	PLOSHAD
1	1	Квадрат	40	(null)	(null)	1600
2	2	Треугольник	30	40	(null)	600
3	3	Октагон	8	(null)	(null)	309.0176
4	4	Круг	(null)	(null)	10	628
5	5	Круг	(null)	(null)	30	5652
6	6	Октагон	15	(null)	(null)	1086.39

Рисунок 3. Справочник дорожных знаков.

	ID_LISTA	FORMFACTOR	DLINA	SHIRINA	PLOSHAD	STOIMOST
1	6	Прямоугольник	(null)	(null)	3000	40000
2	1	Прямоугольник	100	100	10000	8000
3	2	Прямоугольник	50	50	2500	2000
4	3	Прямоугольник	300	400	120000	96000
5	4	Прямоугольник	250	500	125000	100000
6	5	Квадрат	50	(null)	2500	60000

Рисунок 4. Справочник металлических листов.

Например, в качестве исходных данных выбраны данные металлического листа под номером №6 и всех дорожных знаков с №1 по №6.

Алгоритм метода простого перебора

Множество изделий N с площадью S должно удовлетворить следующему условию:

$$\sum_{i=1}^{n} S_i \leq S_l, (1)$$

где $S_{l=6}$ — площадь металлического листа под №6. А количество изделий из этого листа железа стремится к максимуму:

$$\sum_{i=1}^{n} n_i \rightarrow max, (2)$$

То есть, с помощью данного метода определяется сколько экземпляров того или иного изделия возможно изготовить из конкретного металлического листа. Оптимальный результат должен удовлетворять формуле (2) — максимальное количество определённого изделия. Работа алгоритма осуществляется в два этапа.

Этап 1. Определение максимального количества изделий N, которые возможно изготовить из данного листа металла:

$C_i = S_l \div S_i,\ i = \overline{1,n}\ (1),$

где C_i – количество изделия N_i, S_l — площадь листа металла, S_i — площадь изделия N_i.

Этап 2. На данном этапе происходит вычисление площади остатков OST от металлического листа по формуле:

$$OST = S_l - (C_i \times S_i)$$

Этап 3. Выбор оптимального решения, удовлетворяющего условию (2).

Как видно на Рисунке 5 в результирующей таблице условию (2) удовлетворяет изготовление дорожного знака *id_osnovi*= № 3 в количестве 9 штук.

	ID_LISTA	ID_OSNOVI	STOIMOST	KOLICHESTVO	ITOGO	OSTATOK
1	6	1	21333.33	1	21333.33	1400
2	6	2	8000	5	40000	0
3	6	3	4120.27	9	37082.43	218.82
4	6	4	8373.33	4	33493.32	488
5	6	5	75360	0	0	3000
6	6	6	14485.2	2	28970.4	827.22

Рисунок 5. Результат вычислений.

Метод ветвей и границ

Задача о рюкзаке/ранце — одна из задач комбинаторной оптимизации. Свое название получила от максимизационной задачи укладки как можно большего числа ценных вещей в рюкзак при условии, что вместимость рюкзака ограничена. С различными вариациями задачи о ранце можно встретиться в экономике, прикладной математике, криптографии, генетике и логистике.

В общем виде задачу в классическом варианте можно сформулировать так: из заданного множества предметов со свойствами «стоимость» и «вес» требуется отобрать подмножество с максимальной полной стоимостью, соблюдая при этом ограничение на суммарный вес.

При использовании метода ветвей и границ строится сеть. По оси X откладывается количество предметов, по оси Y — их вес. На первом шаге из начала координат строятся две линии: горизонтальная, соответствующая тому, что первый предмет не был взят, и наклонная, соответствующая взятому первому предмету. Их проекции на ось Y равны весу предмета. На втором шаге опять строятся 2 линии, горизонтальная (второй предмет не был взят) или наклонная (второй предмет взят). Положим длину горизонтальных дуг равной нулю, а наклонных — ценности предмета [2].

Таким образом, любому решению задачи соответствует некоторый путь в сети. Задача сводится к нахождению пути максимальной длины. В качестве рюкзака был выбран неограниченный рюкзак (англ. *Unbounded Knapsack Problem*), который вмещает произвольное количество экземпляров каждого предмета.

В качестве характеристик «Вес» и «Стоимость» были выбраны площадь знака и себестоимость изготовления соответственно.

Алгоритм метода ветвей и границ демонстрируется на Рисунке 6.

Этап 1. На данном этапе формируются исходные массивы с данными дорожных знаков и металлического листа. Результат передается в работу метода с условным названием «Рекурсия», которая представляет собой метод ветвей и границ.

Этап 2. Непосредственно генерация выполнения метода с отсечением заведомо неоптимальных решений согласно алгоритму (Рисунок 6).

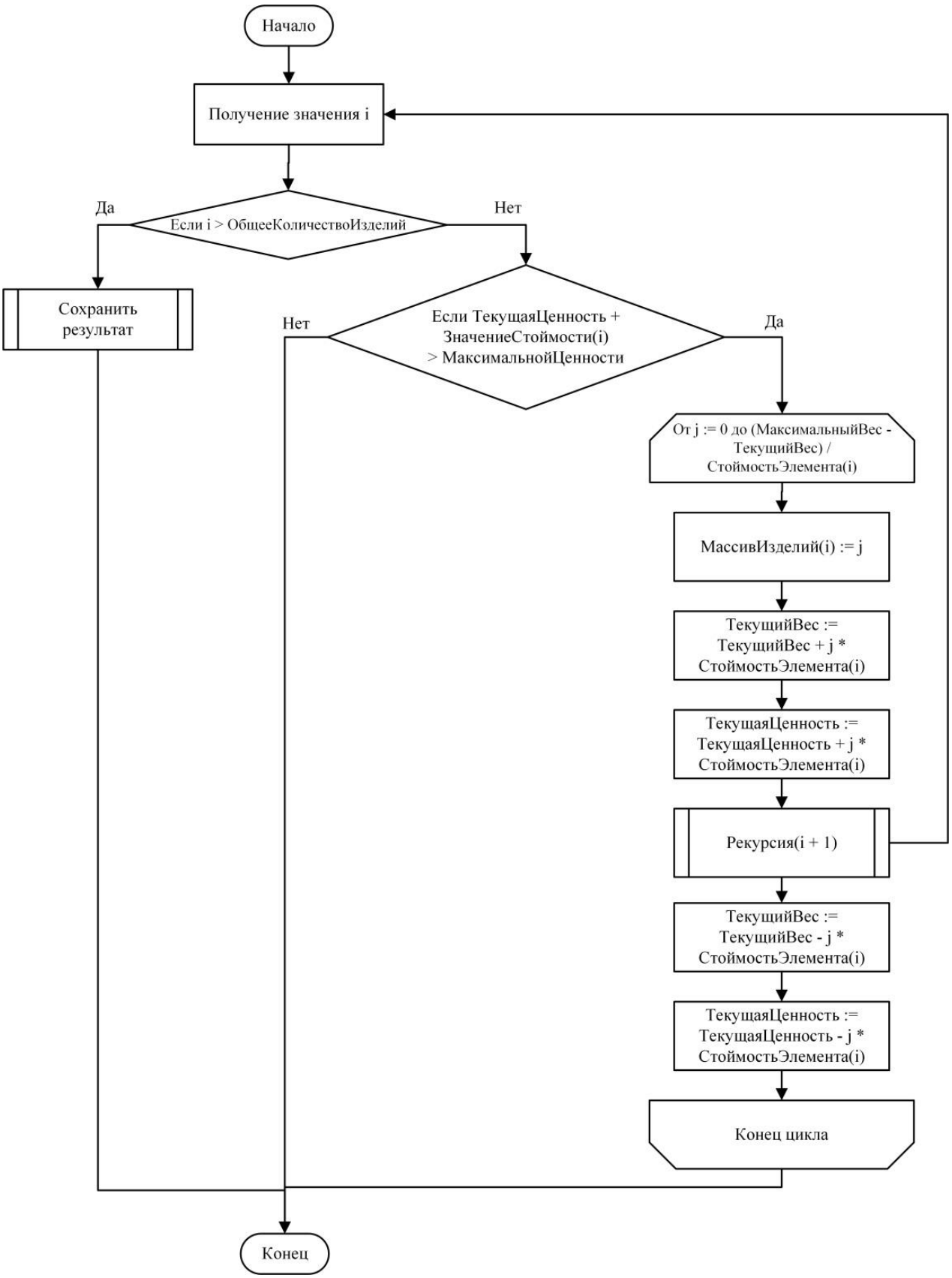

Рисунок 6. Блок–схема алгоритма метода ветвей и границ.

Этап 3. Вывод информационного сообщения пользователю, пример которого показан на Рисунке 7, а также занесение результатов вычисления в специальную таблицу, которая показана на Рисунке 8. В результате получаем, что наиболее оптимально изготовить 5 дорожных знаков №2 из металлического листа №6.

```
Всего знаков: 6
Объём рюкзака: 3000
Содержимое:
Знак 5 Площадь 5652      стоимость 75360      количество: 0
Знак 1 Площадь 1600      стоимость 21333.33      количество: 0
Знак 6 Площадь 1086.39      стоимость 14485.2      количество: 0
Знак 4 Площадь 628      стоимость 8373.33      количество: 0
Знак 2 Площадь 600      стоимость 8000      количество: 5
Знак 3 Площадь 309.0176      стоимость 4120.23      количество: 0
```

Рисунок 7. Информационное сообщение о найденном оптимальном решении.

	ID_LISTA	ID_OSNOVI	STOIMOST	KOLICHESTVO	ITOGO	OSTATOK
1	6	1	21333.33	0	0	3000
2	6	2	8000	5	40000	0
3	6	3	4120.23	0	0	3000
4	6	4	8373.33	0	0	3000
5	6	5	75360	0	0	3000
6	6	6	14485.2	0	0	3000

Рисунок 8. Таблица с результатами вычислений.

Заключение

Результаты раскроя металлического листа №6 площадью 3000 у. е. приведены в Таблице.

Таблица.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ РАСКРОЯ МАТЕРИАЛА

Данные	*Методы оптимизации*	
	Простого перебора	*Ветвей и границ*
Номер знака	№3	№2
Количество знаков	9	5
Стоимость одного знака этого номера	4120,23	8000,00
Сумма на изготовление этого знака	37082,42	40000,00
Остаток (металлические обрезки)	218,82	0

Приведенные способы оптимизации процесса получения заготовки дорожного знака из металлического листа помогут аналитикам завода выбрать наиболее оптимальное решение для снижения издержек и расхода металла.

Метод простого перебора поможет найти максимальное количество дорожных знаков, которые можно изготовить из конкретного металлического листа, однако результат этого метода не самый оптимальный в плане расхода материала.

Метод ветвей и границ использует более сложные вычисления для определения наиболее оптимального результата в плане расхода материала, то есть остатки сведены к максимально возможному минимуму. Способность метода ветвей и границ уменьшать количество вариантов перебора значительно зависит от исходных данных, поэтому его

целесообразно применять только в том случае, когда удельные ценности предметов отличаются значительно [3].

Список литературы:

1. Черноморов Г. А. Теория принятия решений: учебное пособие / ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова. 3-е изд. перераб. и доп. Новочеркасск: Изв. вузов. Электромеханика, 2005. 448 с.
2. Бурков В. Н., Горгидзе И. А., Ловецкий С. Е. Прикладные задачи теории графов / под ред. А. Я. Горгидзе. Тбилиси: Вычислительный центр АН СССР, 1974. 231 с.
3. Фейерштейн С., Прибыл Б. Oracle PL/SQL. Для профессионалов. Питер, 2011. 800 с.

References:

1. Chernomorov, G. A. (2005). Theory of decision–making: Textbook / YSTU (NPI) them. MI Platov, 3rd ed. Pererab. And additional. Novocherkassk, Izv. Universities. Electromechanics, 448.
2. Burkov, V. N., Gorgidze, I. A., & Lovetsky, S. E. (1974). Applied problems of graph theory. Ed. A. Ya. Gorgidze. Tbilisi, Computing Center of the Academy of Sciences of the USSR, 231.
3. Feuerstein S., Pribyl, B. (2011). Oracle PL/SQL Programming. Piter, 800.

Работа поступила в редакцию 25.03.2017 г.

Принята к публикации 27.03.2017 г.

Ссылка для цитирования:

Нараевский О. А., Черноморова Т. С. Об оптимальном использовании материала при изготовлении изделий заводом металлоконструкций // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №4 (17). С. 115–122. Режим доступа: http://www.bulletennauki.com/naraevsky (дата обращения 15.04.2017).

Cite as (APA):

Naraevskii, O., & Chernomorova, T. (2017). On the optimal use of material for manufacturing products by a metal construction plant. *Bulletin of Science and Practice*, (4), 115–122.