

Разработка программного модуля распределения вагонов по сортировочным путям в процессе многогруппной сортировки

В статье рассмотрена проблема увеличения объемов повторной сортировки. В качестве решения предложено использовать вспомогательное сортировочное устройство (горку малой мощности или вытяжку) с применением интенсивных методов технологии формирования состава. С целью оптимизации конструкции подобного устройства необходимо разработать имитационную модель. Модель предложено разрабатывать на основе блочно-модульного принципа программирования, позволяющего упростить ее разработку и последующую модернизацию. Разработка модели осуществляется на языке программирования Visual Basic for Applications (VBA) при взаимодействии с Excel. Это обеспечивает удобство корректировки исходных данных и наглядность отображения результатов расчетов. Разработан модуль распределения вагонов по сортировочным путям в процессе многогруппной сортировки. В программе использовался комбинаторный метод сортировки. Определены основные исходные данные и вид, в котором они должны задаваться. Учтено наличие вагонов, запрещенных к роспуску с горки. Важность этого обусловлена тем, что наличие таких вагонов может существенно повлиять на конструкцию сортировочного устройства и временные затраты на сортировку. Таблицы распределения вагонов по путям преобразованы в соответствии с этим замечанием. Разработана блок-схема работы программы, имитирующая процесс распределения вагонов по путям. Положение каждого вагона фиксируется после каждой сортировки и записывается в трехмерный массив $P(u, f, j)$, в который вносится номер отцепа в зависимости от номера сортировки, номера пути и порядкового расположения на пути. Значения, записанные в массив, будут являться исходными данными для других блоков и модулей.

Ключевые слова: многогруппная сортировка, вспомогательные сортировочные устройства, имитационное моделирование.

В настоящее время, в связи с реформированием железнодорожного транспорта, структура вагонопотока существенно изменилась. Увеличение количества назначений [1] привело к тому, что многие сортировочные станции столкнулись с проблемой значительного увеличения объемов повторной сортировки. Это, в свою очередь, негативно отразилось на наличной перерабатывающей способности сортировочных устройств. Одним из вариантов решения данной проблемы является перенос работы с многочисленными маломощными назначениями (многогруппной сортировки) на вспомогательное сортировочное устройство. Для повышения эффективности работы такого устройства предлагается использовать интенсивные методы формирования поездов, такие как комбинаторный, степенной и др. Необходимость создания модели работы устройства обоснована в [2]. Целью создания модели является оптимизация конструкции сортировочного устройства в зависимости от потребной перерабатывающей способности. Определение конструктивных параметров производилось в модели [3], однако оно было ограничено одним методом (последовательного выделения групп) и одним устройством (горкой малой мощности). Другие модели [4–8] ставили перед собой

иную задачу: они использовались для сравнения различных вариантов интенсивных технологий формирования с целью определения наилучшего из них для конкретного устройства.

Модель предлагается разрабатывать на основе блочно-модульного принципа программирования [9]. Данный принцип основывается на отказе от «жесткой архитектуры» программного комплекса и позволяет разделить программу на несколько независимых блоков, выполняющих определенные задачи. Модулем является наименьшая структурная единица блока, выполняющая какую-либо подзадачу. Подобный принцип облегчает не только процесс написания программы, но и ее последующую модернизацию, так как отдельное исправление какого-либо модуля не будет влиять на общую структуру программы. Это значительное преимущество, так как практически любые изменения каждого программного блока или модуля ограничиваются самим блоком и не приводят к разрушению общих принципов их взаимодействия, организации обмена данными внутри программы. Это снижает трудозатраты по модернизации программы, делает ее более гибкой, обеспечивая возможность использования разнотипных модулей. Разработка модели осуществляется на языке программирования Visual Basic for Applications (VBA) при взаимодействии с Excel.

Это обеспечивает удобство корректировки исходных данных и наглядность отображения результатов расчетов. Данные могут задаваться и обрабатываться в табличном виде.

Если рассматривать процесс многогруппной сортировки, можно выделить несколько программных блоков: блок статистического моделирования структуры состава, блок выбора оптимальной технологии формирования, блок оптимизации конструктивных параметров сортировочного устройства, блок определения перерабатывающей способности устройства. Модули же являются составными частями блоков.

В данной работе дается описание модуля распределения вагонов по сортировочным путям, который является ключевым элементом технологии и может использоваться в любом из программных блоков.

Для разработки программного модуля использовался комбинаторный метод интенсивного формирования поездов. Выбор обусловлен достаточной распространенностью данного метода, а также наличием наглядных схем сортировки, которые позволяют отследить адекватность работы программы. Также модуль может быть адаптирован под любой другой способ сортировки.

Исходными данными программного модуля являются следующие переменные:

1) npt – число путей, используемых для сортировки. Важно заметить, что помимо числа путей, непосредственно участвующих в нескольких сортировках, необходим дополни-

тельный путь для «отсева» на него вагонов, запрещенных к роспуску с горки (ЗСГ), например, с опасными грузами. Такие вагоны осаживаются на дополнительный путь, участвуя только в первой сортировке. Данное условие необходимо учесть в схеме сортировки. В самой программе это учитывается увеличением значения переменной npt на 1;

2) $imax$ – число отцепов в составе. В первой сортировке участвуют все отцепы;

3) ngr – число групп в составе. Данный фактор влияет на схему сортировки, которая будет выбрана;

4) $nsort$ – переменная, определяемая в зависимости от npt и ngr . На первом этапе задается пользователем;

5) массивы данных, определяющие параметры отцепов (i – номер отцепа): $A(i)$ – номер группы, $B(i)$ – длина отцепа, $C(i)$ – масса отцепа, $D(i)$ – особая отметка. В данном модуле будет использоваться только первый массив – $A(i)$. Отцепы, запрещенные к роспуску с горки, выделяются в отдельную группу 0, $A(i) = 0$;

6) схема сортировки, определяемая в соответствующих таблицах [10]. В качестве примера в табл. 1 приведена схема сортировки состава с количеством групп до семи на трех путях (без учета отцепов ЗСГ и дополнительного пути для них). Упорядоченные отцепы указываются в круглых скобках, неупорядоченные – в квадратных.

Данная схема не учитывает наличия отцепов с вагонами ЗСГ. Основная особенность

Таблица 1

Схема формирования многогруппного состава с числом групп до семи на трех путях

Номер сортировки	Номер пути, с которого сортируют вагоны	Номера путей, на которые направляются вагоны	Размещение вагонов после каждой сортировки
1	Путь накопления	1	(1)
		2	[2, 4, 5, 7]
		3	[3, 6]
2	2	1	(1) + (2)
		2	(5)
		3	[3, 6] + [4, 7]
3	3	1	(1, 2) + (3) + (4)
		2	(5) + (6) + (7)
		3	Свободен
4	2 (сборка)	1	(1, 2, 3, 4) + (5, 6, 7)
		2	Свободен
		3	Свободен

работы с ними заключается в том, что их необходимо осаживать на группировочный путь. Следовательно, их повторная сортировка займет значительное количество времени. Такие вагоны по одному из вариантов технологии предлагается отставлять на специальный короткий путь, а затем включать в состав поезда. Такое решение принимается на первом этапе моделирования, однако впоследствии имеет смысл сравнить его с вариантом многократной повторной сортировки таких вагонов, например, по критерию временных затрат. Как было сказано ранее, отцепы ЗСГ в модуле имеют номер группы 0. В табл. 2 приведена схема сортировки с учетом таких отцепов.

Оставшаяся операция – включение вагонов ЗСГ в состав поезда. В программном модуле схемы сортировки задаются массивами данных следующим образом: $K(N_s, N_g)$ – номер пути, на который будет направлен отцеп, в зависимости

от номера сортировки N_s и номера группы N_g ; $K1[N_s]$ – номер пути, с которого будет осуществлена повторная сортировка вагонов в зависимости от предшествующего номера сортировки N_s . Помимо этого, присутствует нулевая сортировка, необходимая для реализации алгоритма имитации: $K1(0) = 0$. Данные массивы представлены в виде табл. 3.

Алгоритм распределения вагонов. Основной задачей алгоритма является создание массива P . Массив $P(u, f, j)$ содержит в себе номера отцепов в зависимости от следующих параметров: u – номер сортировки; f – номер пути, на котором располагается отцеп после u -й сортировки; j – порядковый номер отцепа на пути f . Таким образом, имея данный массив, можно отследить местонахождение любого отцепа после каждой сортировки. Следовательно, используя данный массив в качестве исходных данных в других модулях и блоках,

Таблица 2

Схема формирования многогруппного состава с числом групп до семи (плюс группа 0 для отцепов с вагонами ЗСГ) на трех путях (плюс путь для отцепов с вагонами ЗСГ)

Номер сортировки	Номер пути, с которого сортируют вагоны	Номера путей, на которые направляются вагоны	Размещение вагонов после каждой сортировки
1	Путь накопления	1	(1)
		2	[2, 4, 5, 7]
		3	[3, 6]
		4 (ЗСГ)	(0)
2	2	1	(1) + (2)
		2	(5)
		3	[3, 6] + [4, 7]
		4 (ЗСГ)	(0)
3	3	1	(1, 2) + (3) + (4)
		2	(5) + (6) + (7)
		3	Свободен
		4 (ЗСГ)	(0)
4	2 (сборка)	1	(1, 2, 3, 4) + (5, 6, 7)
		2	Свободен
		3	Свободен
		4 (ЗСГ)	(0)

Таблица 3

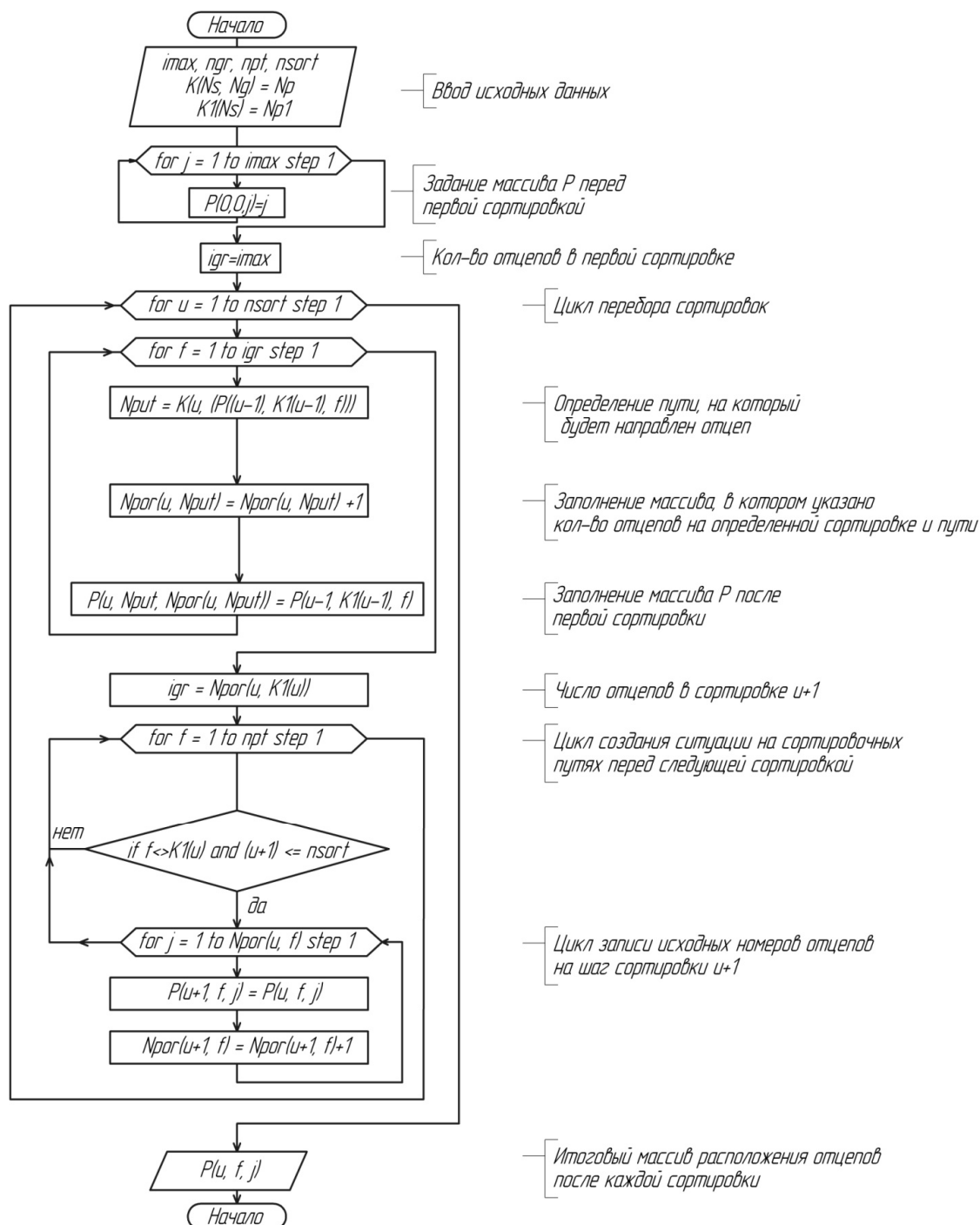
Массив данных по схеме сортировки

Первая сортировка	Вторая сортировка	Третья сортировка
$K(1, 0) = npt$	–	–
$K(1, 1) = 1$	$K(2, 1) = 1$	$K(3, 1) = 1$
$K(1, 2) = 2$	$K(2, 2) = 1$	$K(3, 2) = 1$
$K(1, 3) = 3$	$K(2, 3) = 3$	$K(3, 3) = 1$
$K(1, 4) = 2$	$K(2, 4) = 3$	$K(3, 4) = 1$
$K(1, 5) = 2$	$K(2, 5) = 2$	$K(3, 5) = 2$
$K(1, 6) = 3$	$K(2, 6) = 3$	$K(3, 6) = 2$
$K(1, 7) = 2$	$K(2, 7) = 3$	$K(3, 7) = 2$
$K1(1) = 2$	$K1(2) = 3$	$K1(3) = 2$

можно получать дополнительные данные, например время на сортировку.

Перед первой сортировкой массив P задается следующим образом: $P(0, 0, j)$, т.е. принимается условная нулевая сортировка и нулевой путь, необходимые для того, чтобы обеспечить цикличность работы программного модуля. Это объясняется следующим образом: после каждой сортировки на выходе из цикла имеется массив данных по путям после

u -й сортировки. Затем часть элементов массива (по определенному пути f) берется в качестве той, которая будет сортироваться на следующей сортировке ($u + 1$). Перед первой сортировкой такой массив также необходим, и он задается с параметрами $u = 0$ и $f = 0$. Следовательно, на первой сортировке будет использован массив предыдущей сортировки, т.е. нулевой ($u - 1$). Алгоритм представлен в виде блок-схемы на рисунке.



Блок-схема алгоритма распределения вагонов по путям

Общая логика алгоритма следующая: массив P с параметром f , равным номеру пути, с которого должна осуществляться сортировка, и параметром $(u - 1)$, т.е. номером предыдущей сортировки, берется в качестве сортируемого на шаге цикла. В соответствии с номером группы каждого отцепа определяется путь, на который отцеп должен быть направлен, затем данный отцеп записывается в массив P соответствующего пути на сортировке u (на рисунке – цикл перебора сортировок).

В конце каждого цикла определяется, на каких путях будут оставаться отцепы, а с какого пути будет осуществляться следующая сортировка. Информация об оставшихся в парке отцепах переписывается в массив P для

шага $(u + 1)$, а тот путь, с которого будет осуществляться следующая сортировка, остается пустым (на рисунке – цикл создания ситуации на путях перед следующей сортировкой).

Таким образом, программный модуль создает массив $P(u, f, j)$. Далее данный массив планируется использовать для определения расстояний, пройденных как каждым отцепом, так и группами отцепов при вытягивании их из парка для осуществления повторной сортировки. Это позволит определить время, затрачиваемое на формирование состава. Помимо этого, в рамках усовершенствования данного модуля необходимо добавить схемы сортировки с использованием других методов интенсивного формирования.

Библиографический список

1. Бородин А.Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года // Железнодорожный транспорт. 2008. № 1. С. 48–54.
2. Сивицкий Д.А. Анализ отечественного и зарубежного опыта разработки и использования моделей технологии многогруппной сортировки вагонов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2016. № 1 (29). С. 106–116.
3. Григорьев В.В. Интенсификация сортировочной работы с местными вагонами при использовании вспомогательных сортировочных устройств: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1987. 24 с.
4. Гренкевич О.О. Разработка методики выбора оптимального способа формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов на маневровую работу: Дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2004. 177 с.
5. Сковрон И.Я. Оптимизация выбора схемы формирования многогруппных составов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. № 1/3 (55). С. 20–26.
6. Multistage Methods for Freight Train Classification / Riko Jacob, Peter Marton, Jens Maue, Marc Nunkesser // Networks. 2011. Vol. 57 (1). P. 88–105.
7. Бобровский В.И., Сковрон И.Я. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. ак. В. Лазаряна. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2007. Вип. 10. С. 88–93.
8. Макаров В.М. Применение ЭВМ в управлении процессом формирования многогруппных составов // Автоматизированные системы управления: Экспресс-информация / ЦНРИТЭИ МПС. М., 1988. Вып. 2. 20 с.
9. Иосилевич Г.Б., Лебедев П.А., Стреляев В.С. Прикладная механика. М.: Машиностроение, 1985. 575 с.
10. Макаров В.М. Ускоренное формирование многогруппных составов на ограниченном числе сортировочных путей // Организация движения и пассажирские перевозки: Экспресс-информация / ЦНИИТЭИ МПС. М., 1986. Вып. 1. 37 с.

D.A. Sivitskii

Development of a Program Module for Distributing Cars over Classification Tracks During Multi-Group Classification

Abstract. In the present paper, the problem of increasing the car re-classification volume is analyzed. For solving the problem, we suggest using an additional classification device, a low-height hump or a tail track, while applying intensive train makeup methods. For optimizing the design of such a facility, we have to develop a simulation model. It is suggested that the model be developed on the basis of a block-and-module structure that facilitates the development and subsequent upgrade of the model. The model was developed using the Visual Basic for Applications (VBA) programming language. The source data and calculation results were processed in Microsoft Excel e-table format; the latter ensures convenient modification of initial data and clear representation of calculation results. A module for distributing cars over classification tracks during a multi-group classification

procedure has been developed. The program utilizes the combinatorial classification method. A list of basic source data and their specification format have been chosen. The presence of cars with a restricted hump-breaking-up capability has been taken into consideration. The latter is important since the presence of such cars can substantially affect the final train structure and the time spent on classification. A flowchart for the program has been developed. After each classification step, the position of each car on rail tracks is registered in a 3D array $P(u, f, j)$ that contains the cut numbers as dependent on the classification step number, on the track number, and on the number that defines the ordinal position of the car on its rail track. The values stored in the 3D array provide source data for other program blocks and modules.

Key words: *multi-group classification; additional classification device; simulation model.*

Сивицкий Дмитрий Андреевич – аспирант кафедры «Железнодорожные станции и узлы» СГУПС.
E-mail: sillvansmmm@gmail.com