

УДК 004.02: 658.512.6

К. В. ЗАХАРЧЕНКОВ¹, Ж. А. МРОЧЕК², Т. В. МРОЧЕК¹

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ И ФАСОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
Белорусский национальный технический университет*

Одно из современных направлений повышения экономической эффективности предприятия – автоматизация планирования производства, в том числе автоматизированное составление расписания производства продукции. Внедрение готовых решений для автоматизированного составления производственных расписаний (APS, MES-системы) на предприятиях сдерживается сложностью и высокой стоимостью адаптации к условиям конкретного предприятия, внедрения и сопровождения. Сложность решаемой задачи обусловлена большим количеством наименований выпускаемой продукции, быстрым изменением оперативной обстановки и необходимостью четкого взаимодействия со складом. Задача является многокритериальной, поскольку необходимо обеспечить максимальную загрузку каждой производственной линии для выпуска продукции при минимальном количестве переналадок, при этом в расписании должны быть соблюдены сроки отгрузки продукции с учетом наличия исходных материалов для выпуска. Поэтому авторами разработаны алгоритм и программное обеспечение, позволяющие за приемлемое время составить допустимое, часто и оптимальное расписание производства ПИ-трубы и фасонных изделий партиями, с индивидуальным завершением последовательного обслуживания, с учетом производственных и технологических ограничений в ООО «СМИТ-Ярцево» (Россия). При этом выполняется разбиение каждой группы изделий на партии в соответствии с правилом Макнотона (wrap around rule или «правило обертки»), и производится распределение полученных партий по производственным линиям. Для выбора оптимального расписания необходимо составить несколько расписаний с различными значениями числа переналадок, и выбрать из них то, которое в наибольшей степени удовлетворяет критериям задачи.

Ключевые слова: *алгоритм, планирование производства партиями, правило Макнотона, переналадка, производственная линия, допустимое расписание, оптимальное расписание*

Введение

Планирование производства, предусматривающее составление расписания выпуска продукции с учетом частого изменения оперативной обстановки, является одним из ключевых факторов экономической эффективности функционирования предприятия.

Планирование производства ПИ-трубы (предварительно изолированной трубы), фасонных изделий и комплектующих для теплоизолированных трубопроводов, используемых в жилищно-коммунальном хозяйстве и при прокладке газопроводов, в условиях, сложившихся в ООО «СМИТ-Ярцево» (Российская Федерация, Смоленская область), характеризуется следующими особенностями:

- сезонностью заказов и производства труб (т. к. работы по укладке и ремонту труб имеют сезонный характер). Пик заказов на ПИ-трубу приходится на летние месяцы, зимой ведется работа на склад по наиболее востребованным позициям производимой продукции;
- большим (свыше 20 000) количеством наименований выпускаемой продукции;
- высоким темпом изменения оперативной обстановки во время пика заказов, поэтому временные затраты на составление расписания должны быть небольшими;
- необходимостью четкого планирования поставок со склада материалов и комплектующих для производства труб (каждая позиция заказанной продукции должна быть укомплек-

тована исходными материалами не позднее, чем за 3 дня до отгрузки) [1].

Разработку таких расписаний производства осуществлять вручную менеджеру на основе личного опыта и предпочтений в силу сложности задачи крайне затруднительно, что приводит к неизбежным ошибкам, влекущим за собой сбой в производстве, перерасход исходных материалов, срывы сроков отгрузки заказов. Своевременно выполнять заказы возможно лишь с помощью автоматизированной системы планирования производства с приемлемыми показателями быстродействия.

Существует ряд готовых решений автоматизированного составления производственных расписаний (APS, MES-системы), однако готовые решения не учитывают специфики конкретного производства, что приводит к значительной стоимости их внедрения и сопровождения; к тому же алгоритмы, полиномиальные по времени выполнения, известны только для достаточно простых задач подобного класса.

Поэтому авторами для ООО «СМИТ-Ярцево» предложен алгоритм и программное обеспечение, позволяющие за приемлемое время решить поставленную задачу.

Алгоритм решения задачи

Перед началом планирования должен быть полностью определен план продаж и производства (который составляется на основе перечня заказанных позиций продукции). В плане должны быть указаны:

– заказанный метраж $Quantity_f$ трубы позиции f , $f \in N$, где N – множество номеров позиций заказанной продукции;

– тип материала $Material_f$, из которого изготовлена труба позиции f (труба может быть стальная или оцинкованная): $Material_f = \{Ст, Ц\}$;

– тип заказчика $CustomerType_f$ трубы позиции f . Тип заказчика определяется его местоположением: «М» – заказчики из Москвы и Московской области, «РФ» – из других регионов Российской Федерации, «РБ» – из Республики Беларусь (т. е., $CustomerType_f = \{М, РФ, РБ\}$);

– дата отгрузки для каждой позиции $\{ShipmentDate_f\}$.

План продаж и производства должен быть отсортирован по возрастанию даты отгрузки $ShipmentDate_f$. На основе данного плана со склада должны поступить сведения об укомплектованности заказанных позиций ПИ-трубы.

Для производства ПИ-трубы в ООО «СМИТ-Ярцево» имеются 2 линии. Первая линия ($L = 1$) – линия малых диаметров – позволяет выпускать только трубы малых диаметров (диаметры от 25 до 133 мм). Вторая линия ($L = 2$) – линия больших диаметров – позволяет выпускать трубы любых диаметров (от 25 до 1020 мм). Время $prodTime_f$, затрачиваемое на производство трубы позиции f , представляет собой дискретную функцию $prodTime_f = Quantity_f \cdot W(D_f)$, где $W(D_f)$ – время производства 1 погонного метра трубы, зависящее от диаметра трубы D_f .

Среди производственных и технологических ограничений на последовательность выполнения работ можно выделить следующие:

1) ПИ-труба, диаметр которой превышает 133 мм, выпускается на линии больших диаметров, т. е. для $\forall f: D_f > 133, L = 2$;

2) оцинкованная ПИ-труба выпускается только на линии малых диаметров, т. е. для $\forall f: Material_f = Ц, L = 1$;

3) ПИ-труба для заказчиков типа «М» выпускается только на линии больших диаметров, т. е. для $\forall f: CustomerType_f = М, L = 2$;

4) время работы каждой линии не должно превышать максимальное количество часов работы $maxTime_L$ линии L ($L = 1, 2$) в сутки, т. е. для $\forall prodDate_f: \sum_f (prodTime_f) \leq maxTime_L$ ($L = 1, 2$);

5) количество переналадок $NReset_L$ линии L , запланированное на текущую дату, не должно превышать максимальное количество переналадок $maxNReset_L$ линии L , т. е. для $\forall prodDate_f: Nreset_L \leq maxNreset_L$ ($L = 1, 2$);

6) если данная позиция ПИ-трубы не укомплектована (т. е. на складе нет в наличии всех материалов, необходимых для производства), то производство этой позиции ПИ-трубы откладывается на заданное количество дней t_Z .

Необходимо составить расписание производства, в котором для каждой заказанной позиции будут указаны номер линии L для производства ПИ-трубы, расчетная дата $prodDate_f$ выпуска ПИ-трубы позиции f и очередность выпуска продукции.

Критериями оптимальности расписания являются максимум загрузки каждой производственной линии, минимум количества переналадок, допустимость расписания относительно директивных сроков с учетом укомплектованности каждой заказанной позиции и даты отгрузки $ShipmentDate_j$, т. е. решаемая задача является многокритериальной.

Данная задача является детерминированной, поскольку расписание составляется для известного заранее числа работ, определенно в плане продаж и производства [2].

Производственные линии образуют обслуживающую систему с групповой технологией обслуживания [3, 4]. При групповой технологии обслуживания требования (заказанные позиции ПИ-трубы) обслуживаются группами (либо партиями), и при переходе от обслуживания одной группы позиций ПИ-трубы с одинаковым диаметром D_j к обслуживанию следующей группы позиций с иным значением D_j необходима переналадка линии.

Решаемая задача представляет собой задачу построения оптимальных расписаний обслуживания требований партиями. Для решения поставленной задачи наиболее рационален математический аппарат, наработанный для класса задач с индивидуальным завершением последовательного обслуживания. Индивидуальное завершение означает, что позиция ПИ-трубы покидает линию в момент, когда на линии завершается технологический процесс изготовления данной позиции. Последовательность обслуживания здесь означает, что все позиции, входящие в одну партию, изготавливаются на линии последовательно, и длительность изготовления партии равна сумме длительностей изготовления входящих в партию позиций. Партии ПИ-трубы имеют ограниченный размер, т. е. верхний предел размера партии ограничен количеством позиций ПИ-трубы, которое можно изготовить за установленное максимальное количество часов работы $maxTime_L$ линии L в сутки.

В соответствии с принятой в теории расписаний системой обозначений, включающей три поля, поставленная задача может быть охарактеризована как $Qm / sum - job, b < n, s_{IJ}^L / Time_{Lmax}, s_{IJ}^L \min, C_j \leq (d_j + t_z)$. Первое поле характеризует обслуживающую систему, второе поле – партии и переналадки между партиями, третье

поле – критерий задачи. Здесь использованы следующие обозначения: Q – параллельные производственные линии разной производительности (малых и больших диаметров); m – количество приборов, т. е. производственных линий, $m = 2$; $sum - job$ – последовательное обслуживание требований с индивидуальным завершением обслуживания; $b < n$ – каждая партия ПИ-трубы с одним значением диаметра D_j может включать не более чем b позиций, причем b не может превышать некоторое значение n , которое можно изготовить за установленное максимальное количество часов работы $maxTime_L$ L -ой линии в сутки; s_{IJ}^L – длительность и количество переналадок определяется типом линии и последовательностью групп позиций ПИ-трубы; $Time_{Lmax}$ – максимальная загрузка каждой производственной линии; $s_{IJ}^L \min$ – минимум числа переналадок; $C_j \leq (d_j + t_z)$ – момент завершения изготовления C_j (соответствующий $prodDate_j$) каждой позиции ПИ-трубы не должен превышать значение времени, определяемое суммой директивного срока d_j и заданного количества дней t_z , на которое откладывается производство неуккомплектованной позиции ПИ-трубы.

Партии ПИ-трубы должны изготавливаться на каждой линии в порядке эвристического правила очередности EDD (Earliest Due Date) неубывания директивных сроков d_j с учетом t_z [3, 4].

Общеизвестная задача построения допустимого относительно директивных сроков расписания изготовления ПИ-трубы состоит в отыскании разбиения каждой группы на некоторое число партий и распределении этих партий по приборам (линиям малых и больших диаметров) [3].

В соответствии с пятым и шестым ограничениями на последовательность изготовления заказанных позиций партия ПИ-трубы с одинаковым диаметром D_j может быть разбита на несколько целых партий и одну неполную партию. Для решения поставленной задачи было применено правило Макнотона (wrap around rule или «правило обертки») [3, 5, 6], которое заключается в том, что вначале первым прибором в интервале времени $[0, t]$ обслуживается максимальное количество целых партий и неполная партия. Остаток неполной партии, который не был обслужен в интервале $[0, t]$, об-

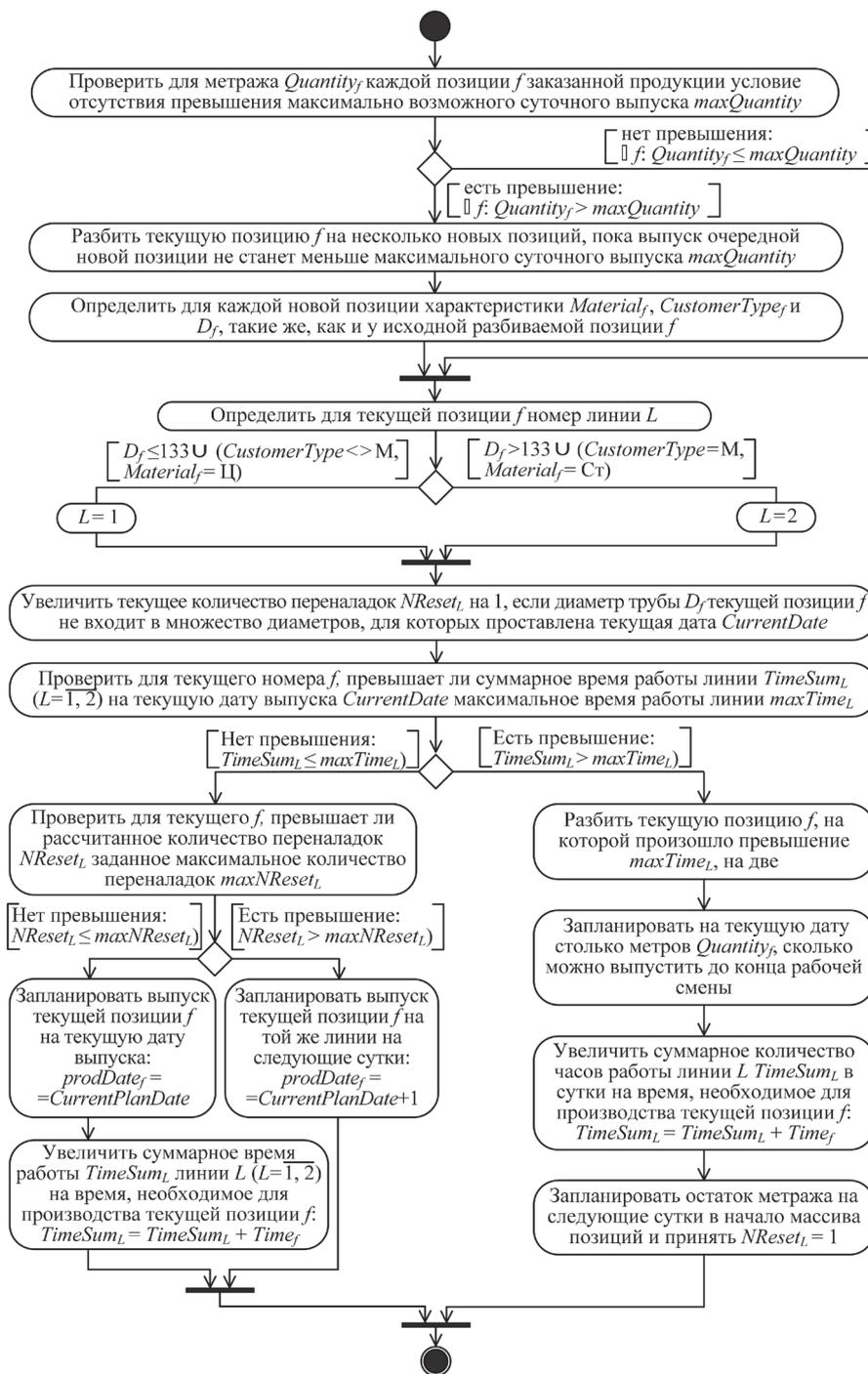


Рис. 1. Диаграмма деятельности алгоритма решения многокритериальной задачи составления расписания производства ПИ-трубы и фасонных изделий

служивается на втором приборе, далее обслуживается последующее максимальное количество целых партий и неполная партия, остаток которой первым обслуживается на третьем приборе и так далее. Момент времени $[0, t]$ здесь представляет собой интервал $[0, maxTime_L]$. И остаток неполной партии, который не удастся изготовить за установленное максимальное количество часов работы $maxTime_L$ L -ой линии

в сутки, переносится на следующие сутки и обслуживается первым из всех позиций ПИ-трубы с одинаковым диаметром D_f .

Разработанный алгоритм, составляемый на основе плана продаж и производства, отсортированного по возрастанию даты отгрузки $ShipmentDate_f$ с учетом укомплектованности исходными материалами, представлен на рис. 1 диаграммой деятельности.

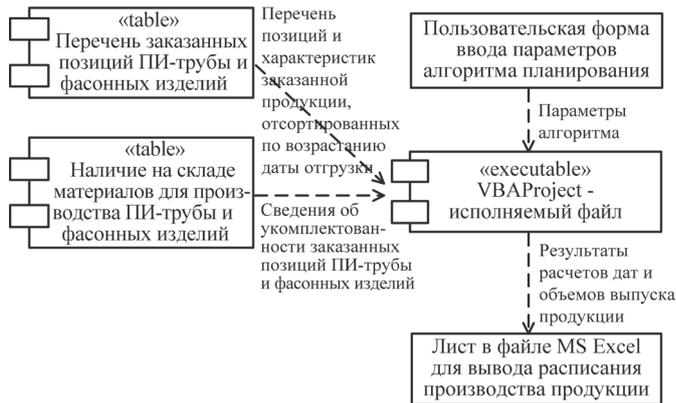


Рис. 2. Структура программного обеспечения для реализации алгоритма

План выпуска ПИ-трубы

Количество часов работы линии 1 (малых диаметров) (в сутки): 20

Количество переналадок линии 1 (малых диаметров) (в сутки): 3

Количество часов работы линии 2 (в сутки): 20

Количество переналадок линии 2 (в сутки): 3

Неукомплектованные позиции перемещать на: 3 дн.

Максимальная суммарная длина изготавливаемых труб (в сутки): 1500 метров

Работа по субботам Работа по воскресеньям

Спланировать выпуск труб

Рис. 3. Пользовательская форма для ввода параметров алгоритма

План производства ПИ-трубы с 01.06.2017 по 15.06.2017				Составлен 31.05.2017 15:49:00							
№ п/п	Наименование продукции	Df	Ед. изм.	Кол-во	Тип заказа	№ заказа	Комплек-тация	Дата выпуска	Дата отгрузки	№ ли-нии	Итог, м
1	Труба Ц 48x3,5-1-ППУ-ПЭ/125 # Труба ГОСТ 3262 /Ст 20	48	м.п.	230	М	1862-ПИ	полная	01.06.17	02.06.17	2	230
2	Труба Ц 48x3,5-1-ППУ-ПЭ/125 # Труба ГОСТ 3262 /Ст 20	48	м.п.	320	РБ	1901-ПИ	полная	01.06.17	03.06.17	1	320
3	Труба Ст 57x3-1-ППУ-ПЭ/125 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	57	м.п.	120	РФ	1873-ПИ	полная	01.06.17	02.06.17	1	100
4	Труба Ст 57x3,5-32x3-1-ППУ-ОЦ/200 # Труба ГОСТ 10705	57	м.п.	220	М	1896-ПИ	полная	01.06.17	04.06.17	2	220
5	Труба Ст 76x4-1-ППУ-ПЭ/140 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	76	м.п.	108	М	1907-ПИ	полная	01.06.17	05.06.17	2	108
6	Труба Ст 76x4-1-ППУ-ПЭ-625 ЗМКв / 140 L=10000 # Труба	76	шт	2	М	1893-ПИ	полная	01.06.17	02.06.17	2	20
7	Труба Ст 76x4-1-ППУ-ПЭ-625 ЗМКт / 140 L=10000 # Труба	76	шт	2	М	1893-ПИ	полная	01.06.17	02.06.17	2	20
8	Труба Ст 76x3-1-ППУ-ПЭ/140 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	76	м.п.	340	РБ	1901-ПИ	полная	01.06.17	03.06.17	1	340
9	Труба Ст 76x3,5-1-ППУ-ПЭ/140 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	76	м.п.	250	РФ	1890-ПИ	полная	01.06.17	03.06.17	1	250
10	Труба Ст 108x4-1-ППУ-ПЭ/180 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	108	м.п.	438	РФ	1898-ПИ	полная	01.06.17	03.06.17	1	438
11	Труба Ст 108x5-1-ППУ-ПЭ/180 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	108	м.п.	220	М	1907-ПИ	полная	01.06.17	05.06.17	2	220
12	Труба Ст 108x4-1-ППУ-ПЭ/180 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	108	м.п.	360	М	1891-ПИ	полная	01.06.17	03.06.17	2	360
13	Труба Ст 133x4-1-ППУ-ПЭ/225 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	133	м.п.	246	М	1862-ПИ	полная	01.06.17	02.06.17	2	246
14	Труба Ст 133x4-1-ППУ-ОЦ/225 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	133	м.п.	280	РФ	1894-ПИ	полная	01.06.17	04.06.17	1	52
15	Труба Ст 133x4-1-ППУ-ПЭ/225 # Труба ГОСТ 10705 /Ст 20	133	м.п.	372	М	1883-ПИ	полная	01.06.17	02.06.17	2	76
ИТОГО за 01.06.2017 Выпуск на линии 1 (малых диаметров)		1500	м	Выпуск на линии 2 (больших диаметров)		1500					
1	Труба Ст 38x3-1-ППУ-ПЭ/110 # Труба ГОСТ 8732 /Ст 20	38	м.п.	30	М	1908-ПИ	нет труб	02.06.17	04.06.17	2	30
2	Труба Ц 42,3x3,2-1-ППУ-ОЦ/125 # Труба ГОСТ 3262 /Ст 20	42	м.п.	150	РФ	1866-ПИ	полная	02.06.17	04.06.17	1	150
3	Труба Ст 76x3,5-1-ППУ-ПЭ/140 # Труба ГОСТ 8732 /Ст 20	76	м.п.	250	РФ	1892-ПИ	полная	02.06.17	04.06.17	1	250

Рис. 4. Фрагмент расписания

Разработанный алгоритм реализован средствами Microsoft Excel и редактора VBA. Структура программного обеспечения для реализации разработанного алгоритма представлена на рис. 2. На рис. 3 представлен вид пользовательской формы для выбора параметров алгоритма. Фрагмент сформированного расписания приведен на рис. 4.

Результат работы алгоритма – расписание, допустимое или оптимальное.

Для решаемой задачи допустимым расписанием будет такое, при котором все позиции ПИ-трубы будут изготовлены в директивные сроки d_j , к которым необходимо или желательно отгрузить заказы, с учетом заданного количества дней t_z , на которое откладывается про-

изводство неукомплектованной позиции ПИ-трубы [3, 4, 7, 8]. В общем случае такое расписание может и не существовать.

Оптимальное расписание – это расписание с наименьшим значением количества переналадок и наибольшей загрузкой производственных линий (среди всех рассчитанных допустимых расписаний) [3, 4, 7, 8].

Чтобы определить, является ли найденное расписание оптимальным, необходимо составить несколько расписаний с различными значениями количества переналадок (которое вводится на пользовательской форме, представленной на рис. 3), а затем выбрать расписание, наилучшим образом удовлетворяющее критериям задачи.

Заключение

Таким образом, был разработан алгоритм решения задачи составления расписания, учитывающий многокритериальный характер задачи, производственные и технологические особенности конкретного предприятия, с возможностью дальнейшей интеграции в создаваемую

в настоящее время MES-систему управления производством в ООО «СМИТ-Ярцево». Внедрение программного обеспечения, реализующего данный алгоритм, позволило повысить эффективность использования оборудования и существенно снизить издержки предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Захарченков, К. В.** Планирование материальных потребностей склада в ООО «СМИТ-Ярцево» / К. В. Захарченков, Т. В. Мрочек // Энергетика, информатика, инновации – 2017 (электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве): сб. трудов VII-ой межд. науч. техн. конф.: в 3 т. – Т. 1. – 2017. – 390 с. – С. 268–271.
2. **Лазарев, А. А.** Теория расписаний. Задачи и алгоритмы / А. А. Лазарев, Е. Р. Гафаров. – М.: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, 2011. – 222 с.
3. **Ковалев, М. Я.** Календарное планирование. Курс лекций / М. Я. Ковалев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bsu.by/Cache/pdf/177553.pdf>. – Дата доступа: 01.02.2018.
4. **Танаев, В. С.** Теория расписаний. Групповые технологии / В. С. Танаев, М. Я. Ковалёв, Я. М. Шафранский. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1998. – 290 с.
5. **Butterworth, R.** Machine scheduling [Electronic resource] / R. Butterworth // Department of Combinatorics and Optimization of University of Waterloo. – 1979. – Mode of access: <http://rbutterworth.nfshost.com/Scheduling/1.7-parallel>. – Date of access: 01.04.2018.
6. **McNaughton, R.** Scheduling with deadlines and loss functions [Electronic resource] // Management Science (pre-1986); ABI INFORM Global. – 1959. – Vol. 6, № 1. – P. 1–12. – Mode of access: <http://www.columbia.edu/~cs2035/courses/ieor8100.F16/mcn1.pdf>. – Date of access: 01.04.2018.
7. **Сотсков, Ю. Н.** Математические модели и методы календарного планирования: учеб. пособие / Ю. Н. Сотсков, В. А. Струевич, В. С. Танаев. – Минск: Университетское, 1994. – 232 с.
8. **Танаев, В. С.** Теория расписаний. Одностадийные системы / В. С. Танаев, В. С. Гордон, Я. М. Шафранский. – Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 384 с.

REFERENCES

1. **Zakharchenkov, K. V.** Planirovanie material'nykh potrebnostej sklada v ООО «SMIT-Jartsevo» [Planning of material needs of a warehouse in Smith-Yartsevo, Ltd] / K. V. Zakharchenkov, T. V. Mrochek // Jenergetika, informatika, innovacii – 2017 (jelektrojenergetika, jelektrotehnika i teplojenergetika, matematicheskoe modelirovanie i informacionnye tehnologii v proizvodstve) [Power, informatics, innovation – 2017 (power engineering, electrical and heat power engineering, mathematical modeling and information technologies in production): proceedings of the VII international scientific and technical conference]: in 3 Vol. – Vol. 1. – 2017. – 390 p. – P. 268–271.
2. **Lazarev, A. A.** Scheduling theory. Problems and algorithms / A. A. Lazarev, E. R. Gafarov. – Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2011. – 222 p.
3. **Kovalev, M. Ya.** Scheduling. Course of lectures / M. Ya. Kovalev [An electronic resource]. – Mode of access: <https://www.bsu.by/Cache/pdf/177553.pdf>. – Date of access: 01.04.2018.
4. **Tanaev, V. S.** Theory of schedules. Group technology / V. S. Tanaev, M. Ya. Kovalev, Ya. M. Shafransky. – Minsk: Institute of technical Cybernetics of NAS of Belarus, 1998. – 290 p.
5. **Butterworth, R.** Machine scheduling [Electronic resource] / R. Butterworth // Department of Combinatorics and Optimization of University of Waterloo. – 1979. – Mode of access: <http://rbutterworth.nfshost.com/Scheduling/1.7-parallel>. – Date of access: 01.04.2018.
6. **McNaughton, R.** Scheduling with deadlines and loss functions [Electronic resource] // Management Science (pre-1986); ABI INFORM Global. – 1959. – Vol. 6, № 1. – P. 1–12. – Mode of access: <http://www.columbia.edu/~cs2035/courses/ieor8100.F16/mcn1.pdf>. – Date of access: 01.04.2018.
7. **Sotkov, Yu. N.** Mathematical models and methods of scheduling: textbook / Yu. N. Sotkov, V. A. Strusevich, V. S. Tanaev. – Minsk: Universitetskoe, 1994. – 232 p.
8. **Tanaev, V. S.** Theory of schedules. Single-stage systems / V. S. Tanaev, V. S. Gordon, Ya. M. Shafransky. – Moscow: Science. Main edition of physical and mathematical literature, 1984. – 384 p.

Поступила
19.04.2018

После доработки
25.10.2018

Принята к печати
30.11.2018

K. V. Zakharchenkov, Zh. A. Mrochek, T. V. Mrochek

ALGORITHM FOR SOLUTION OF MULTICRITERION PROBLEM OF PRODUCTION PLANNING OF PIPES AND SHAPED PRODUCTS

One of the modern directions of increase in economic efficiency of the enterprise is a production planning automation, including the automated scheduling of production. Introduction of ready program solutions for automated preparation of production schedules (APS, MES-systems) at enterprises is constrained by the complexity and high cost of adapting to the specific conditions of the enterprise, implementation and maintenance. The complexity of the problem is determined by a large number of product names, rapid changes in the operational environment and the need for clear interaction with the warehouse. The task is multicriterion as it is necessary to provide the maximum loading of each production line with a minimum of readjustments, and at the same time the schedule must comply with the terms of shipment of products, taking into account the availability of raw materials for production. Therefore, the authors have developed an algorithm and software that allow for an acceptable time to make an admissible, often optimal schedule for the production of preinsulated pipes and shaped products in batches with the individual completion of consistent service, taking into account production and technological limitations in SMITH-Yartsevo, Ltd (Russia). In this case, each group of products is divided into batches in accordance with the McNaughton rule (wrap around rule), and the resulting batches are distributed along the production lines. For the choice of the optimal schedule it is necessary to make several schedules with different values of the number of readjustments and select the one that best meets the criteria of the task.

Keywords: production planning, algorithm, McNaughton rule, readjustment, production line, admissible schedule, optimal schedule



Захарченков К. В. Доцент кафедры «Автоматизированные системы управления» Белорусско-Российского университета (г. Могилев). Защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Управление в социальных и экономических системах» (2014). E-mail: zaharchenkovkv@mail.ru.

Zakharchenkov K. V. Associate professor of the Department «Automated control systems» of the Belarusian-Russian University (Mogilev). He defended his PhD thesis on the speciality «Management in social and economic systems» (2014).



Мрочек Ж. А. Доктор технических наук, профессор, кафедра «Технология машиностроения», Белорусский национальный технический университет. Член-корреспондент Международной Академии наук Евразии, академик Белорусской инженерной технологической академии и Белорусской инженерной академии. E-mail: Mrochek.j@bntu.by.

Mrochek Zh. A. Doctor of Engineering, Professor, Department of engineering technology, Belarusian National Technical University. Corresponding member of the international Academy of Sciences of Eurasia, academician of the Belarusian engineering technology Academy and the Belarusian engineering Academy.



Мрочек Т. В. Доцент кафедры «Автоматизированные системы управления» Белорусско-Российского университета (г. Могилев).

E-mail: mrovlad@mail.ru.

Mrochek T. V. Associate professor of the Department «Automated control systems» of the Belarusian-Russian University (Mogilev).