

УДК 004.91

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ ГРУППЫ СТАНКОВ С ЧПУ

Д. С. Мальгавко

*Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

**Аннотация.** Цель – повышение эффективности работы участков станков с ЧПУ, за счет использования систем автоматизации планирования загрузки. Проведен анализ потерь времени. Предложена методика и разработана система автоматизации составления производственных расписаний работы группы станков с ЧПУ.

**Ключевые слова:** ЧПУ, планирование, расписание, оптимизация, потери времени.

**DOI:** 10.25206/2310-4597-2019-1-208-211

## I. ВВЕДЕНИЕ

Для крупных машиностроительных организаций характерна такая система планирования производства, при которой загрузка конкретных участков определяется исходя, с одной стороны, из суммарной трудоемкости изготовления деталейсблочных единиц (ДСЕ), с другой стороны, из производственной мощности участка. При этом оперативно реагировать на изменение производственной ситуации на конкретном участке в цехе (несвоевременная разработка управляющих программ для станков с ЧПУ, отсутствие заготовок, выход оборудования из строя и т. п.) невозможно. Как правило, для учета подобных обстоятельств, просто увеличивается нормативная трудоемкость изготовления ДСЕ. Таким образом, не исключены ситуации, когда современное дорогостоящее оборудование простаивает.

Одним из основных путей повышения коэффициента загрузки оборудования является составление производственного расписания его работы, контроль выполнения и его оперативная корректировка [1]. Эта задача является достаточно сложной, так как требуется учитывать большое количество условий и ограничений. В этом связи разработка и внедрение методик и систем автоматизации составления производственного расписания имеет большую актуальность. В качестве варианта такой методики предлагается решение, реализованное в АО «ОмПО «Иртыш».

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо было решить следующие задачи:

- провести анализ потерь времени, выбрать критерий эффективности системы автоматизации,
- разработать алгоритм методики оптимизации плана загрузки оборудования,
- разработать систему автоматизации планирования загрузки оборудования,
- провести опытную эксплуатацию системы.

## III. ТЕОРИЯ

Время выполнения детали операции включает в себя время наладки, машинное и время снятия-установки (рис. 1).

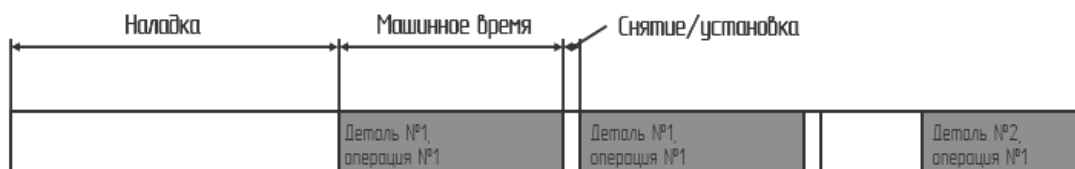


Рис. 1. Компоненты времени изготовления на станке с ЧПУ

При этом, если после выполнения детали операции за ней следует такая же детали операции, то время наладки не требуется, а если другая, то необходимо проводить наладку.

Анализ причин простоев на типовом участке станков с ЧПУ показал, что наиболее существенной составляющей потерь времени являются несогласованный запуск операций в пределах группы станков. Так как груп-

пу станков сопровождает один наладчик в случаях, когда одновременно на нескольких станках группы требуется наладка, возникают простои (рис. 2).

Станок №1	Наладка		Деталь №1, операция №1	Деталь №1, операция №1
	Деталь №3, операция №2	Простой	Наладка	Деталь №4, операция №1
Станок №2			Деталь №4, операция №1	Деталь №4, операция №1

Рис. 2. Пример несогласованного запуска операций

Очевидно, что критерием эффективности системы является время простоя станка группы, которое должно стремиться к минимальному значению. При этом, учитывая, что само время наладки изменять нельзя, время простоя станков возможно изменять только за счет варьирования порядка запуска детали-операций.

Исходными данными для планирования служат:

1. План изготовления ДСЕ.
2. Данные о движении ДСЕ на предыдущих пунктах технологических маршрутов. На АО ОмПО «Иртыш» действует система штих-кодирования маршрутных листов, сопровождающих партии ДСЕ, что позволяет вести учет движения ДСЕ между участками и цехами. В результате, имеется возможность получать данные об обеспеченности конкретного участка заготовками.
3. Нормативная трудоемкость изготовления ДСЕ, которая включает время машинное, наладки, снятия-установки для каждой детали-операции. На АО ОмПО «Иртыш» источником этих данных является PDM-системы «Лощман: PLM». Каждая управляющая программа проходит процедуру внедрения, для чего разработчик размещает программу в системе и запускает бизнес-процесс, который включает технолога цеха, нормировщика цеха, контроллера ОТК, инженера отдела труда. Время машинное в акт вносит разработчик управляющей программы, а время наладки, снятия-установки – нормировщик цеха. Утверждает акт о внедрении Главный технолог. Пример карточки управляющей программы в системе «Лощман: PLM» изображен на рис. 3.

№ операции	Кол-во инструментное	Расчетное машинное время	Время на наладку	Время на снятие и установку
1.	3	18.94	50.94	0.8
2.	2	8.21	25.23	0.8
3.	3	11.81	30.77	0.8
4.	1	10.71	20.61	0.8
5.	3	9.96	30.49	0.8
6.				
7.				

Рис. 3. Карточка управляющей программы

#### IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Блок-схема алгоритма оптимизации расписания представлена на рис. 4. В начале работы пользователь (мастер участка) формирует список ДСЕ, выбирает оборудование, настраивает производственный календарь, при необходимости устанавливает приоритет в очередности раскладки деталей по изделиям, запускает процедуру оптимизации.

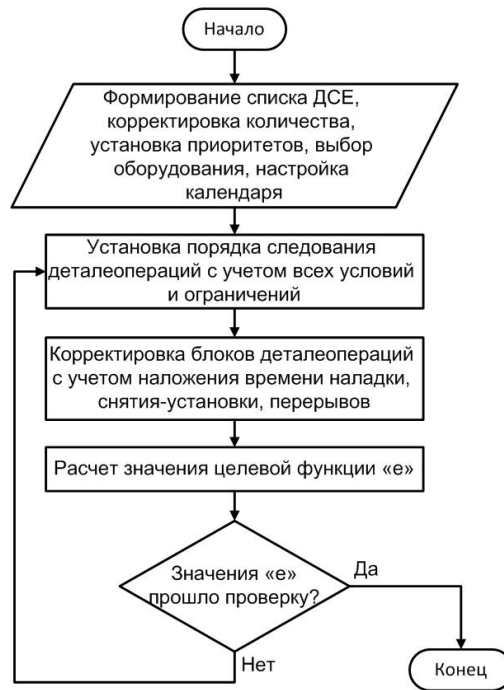


Рис. 4. Блок-схема алгоритма оптимизации

В ходе каждой итерации значения параметров (порядковые номера ДСЕ) рассчитываются в соответствии с методом Налдера-Мида (метод деформируемого многогранника), выполняется корректировка блоков деталяеопераций с учетом наложения времени наладки, снятия-установки, а также регламентированных перерывов и пересменок. Цикл прекращается если значение целевой функции  $e$  в течении последних пяти итераций не изменилось более чем на 5 процентов.

На рис. 5 изображено главное окно системы автоматизации, разработанной в качестве средства программной поддержки предлагаемой методики.

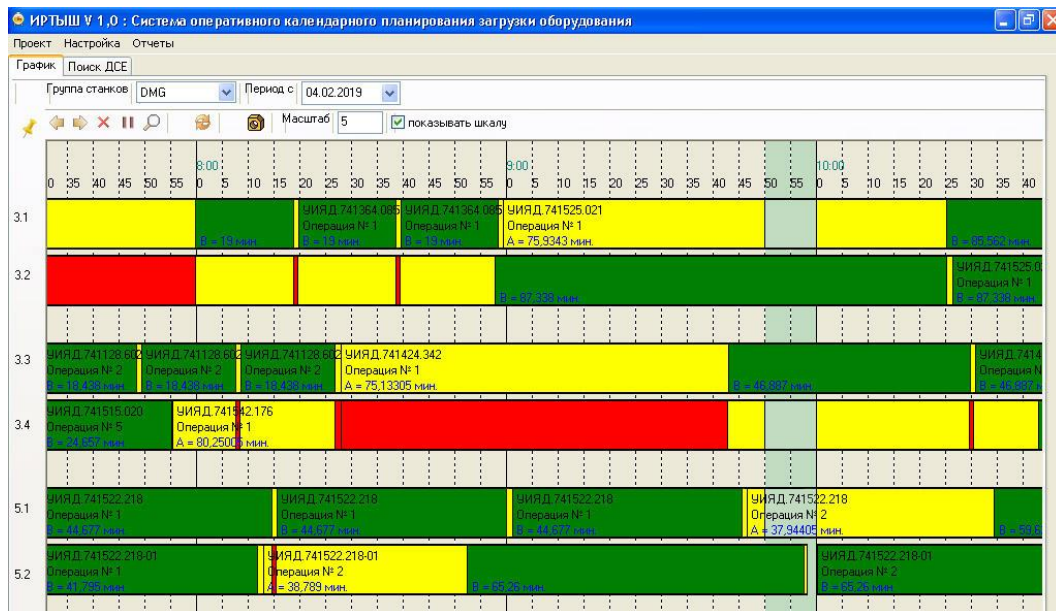


Рис. 5. Главное окно системы

Производственное расписание здесь представляется в виде диаграммы Ганта: каждой деталяеоперации соответствует блок, длина которого пропорциональна ее длительности. Эти блоки, располагаются напротив условных номеров станков. Желтый цвет – это время наладки и снятия-установки, т. е., то время, когда задействован наладчик, зеленый – машинное время, светло-зеленый – время перерыва, красное – простой.

В ходе смены могут возникать ситуации незапланированного останова (например, выхода оборудования из строя). Для таких случаев предусмотрена возможность корректировки расписания введением блоков пауз (рис. 6), с последующим запуском процедуры оптимизации. Кроме того, мастер участка может скорректировать расписание, путем перетаскивания блоков деталей операций как в пределах станка, так и между станками и группами станков.

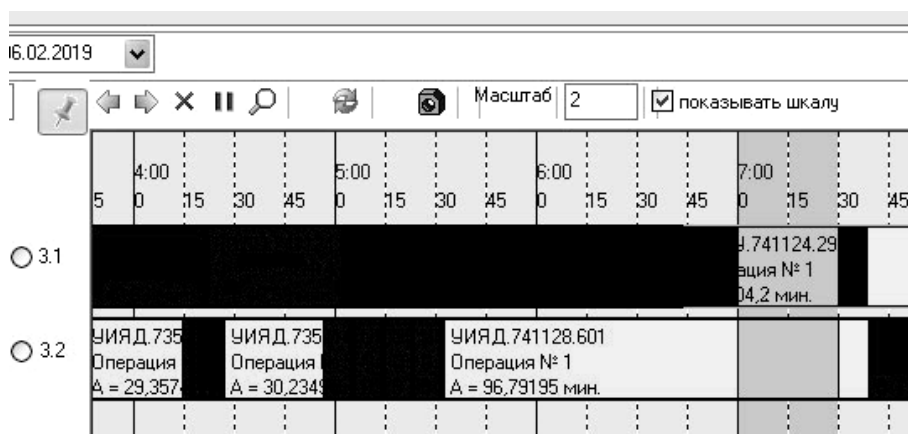


Рис. 6. Фрагмент диаграммы Ганта

Набор данных, который является результатом процедуры оптимизации, позволяет получать различные отчеты. Одним из отчетов является подробное сменно-суточное задание (рис. 7).

Сменно-суточное задание для группы станков 3.1-3.2					
Дата	Время	Станок	ДСЕ	Операция	Событие
06.02.2019	08:11 - 08:13	3,1	ВИДУ.741124.298		1 Снятие, установка
06.02.2019	08:12 - 08:27	3,1	УИЯД.735214.687		1 Наладка
06.02.2019	08:28 - 08:31	3,1	УИЯД.735214.687		1 Возврат к наладке
06.02.2019	08:31 - 08:32	3,2	УИЯД.741128.601		1 Снятие, установка
06.02.2019	08:32 - 08:52	3,1	УИЯД.735214.687		1 Возврат к наладке
06.02.2019	08:56 - 08:58	3,2	УИЯД.741128.601		1 Снятие, установка
06.02.2019	08:57 - 08:58	3,1	УИЯД.735214.687		1 Снятие, установка
06.02.2019	09:02 - 09:03	3,1	УИЯД.735214.687		1 Снятие, установка
06.02.2019	09:07 - 09:09	3,1	УИЯД.735214.687		1 Снятие, установка
06.02.2019	09:12 - 09:14	3,1	УИЯД.735214.687		1 Снятие, установка
06.02.2019	09:18 - 09:19	3,1	УИЯД.735214.687		1 Снятие, установка
06.02.2019	09:19 - 09:22	3,1	УИЯД.735214.687		2 Наладка
06.02.2019	09:22 - 09:23	3,2	УИЯД.741128.601		1 Снятие, установка
06.02.2019	09:22 - 09:49	3,1	УИЯД.735214.687		2 Возврат к наладке
06.02.2019	09:59 - 10:01	3,1	УИЯД.735214.687		2 Снятие, установка

Рис. 7. Пример отчета «Сменно-суточное задание»

## V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты опытной эксплуатации системы, проведенной в АО «ОмПО «Иртыш», показали эффект, выраженный в сокращении времени простоя станков. В качестве основных результатов работы можно выделить:

1. Проведенный анализ потерь рабочего времени, позволил выбрать в качестве критерия эффективности – время простоя станка группы.
2. Разработанный алгоритм, позволяет решать задачу оптимизации плана загрузки группы станков с ЧПУ.
3. Разработанная система автоматизации, позволяет составлять расписания загрузки оборудования с учетом различных производственных условий и ограничений.
4. Внедрение системы дает возможность мастеру участка ЧПУ оперативно реагировать на изменения производственной ситуации, что, в конечном итоге, ведет к сокращению времени простоя станков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Султан-заде Н. М., Загидуллин Р. Р. Повышение производительности ГПС путем оптимизации расписаний // СТИН. 1996. № 12. С. 9–13.