

11, ноябрь 2015

УДК 658.513

Разработка методов построения каркасных расписаний

*Эльканов М.Д., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»*

*Научный руководитель: Хоботов Е.Н., д.т.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»
gss@bmstu.ru*

В настоящее время разработка методов решения задач планирования на предприятиях представляется весьма важной и актуальной, поскольку правильно построенные планы и расписания обработки деталей во многих случаях позволяют значительно сокращать сроки выполнения работ за счет уменьшения простоев оборудования и тем самым повысить эффективность работы соответствующих систем.

На данный момент в теории расписаний разработаны алгоритмы определения оптимального расписания только для конвейерных задач.

Основной же проблемой не конвейерных задач является то, что они представляют собой пр-полные задачи. Это означает, что в общем случае оптимальное решение можно определить только при полном переборе всех возможных последовательностей. Что при большом количестве деталей и станков требует значительных временных затрат. Для решения этих задач на уровне участков и цехов уже разработано множество методов [1-3]. Эти методы не дают оптимального решения, но позволяют строить весьма эффективные расписания обработки деталей. В работах [4-6] отмечалось, что из весьма эффективных расписаний на уровне цеха не всегда удается построить эффективное расписание на уровне завода. Кроме того использование методов построения расписания на уровне цеха для завода может быть непригодным из-за большой размерности.

В данной работе рассматривается метод построения планов и расписаний работ для предприятий, в которых производится механообработка деталей.

Пусть на предприятии имеется W цехов; цех механообработки, термообработки, механосборочный и др. В этих цехах происходит обработка деталей. В каждом цеху имеется m_w ($w=1, \dots, W$) станков. Известен состав каждого цеха. Необходимо обработать N

партий деталей. Все детали доступны на начальный момент времени. Некоторые партии деталей могут многократно обрабатываться в одних и тех же цехах.

Размеры партий деталей известны. Для всех деталей, входящих в производственную программу, известны маршруты обработки. Маршрут обработки — последовательность цехов и станков, на которых происходит обработка детали. Известны времена обработки каждой детали на каждой технологической операции. Считаем, что время переналадки оборудования не зависит от типа детали.

Требуется построить расписание работ по обработке всех деталей на уровне завода. В результате построения расписания должен быть определен порядок обработки партий деталей на каждом станке, а также времена начала и окончания обработки партий деталей. Расписание требуется построить так, чтобы общее время выполнения производственной программы было по возможности минимальным.

Так как задача построения расписания на уровне завода представляется весьма сложной, для уменьшения трудоемкости, в работе [4] было предложено пользоваться методами агрегирования информации. Суть данных методов заключается в группировании деталей и производственных единиц. Группирование деталей представляет собой процесс объединения партий деталей, имеющих одинаковую последовательность обработки в производственных подразделениях. Деление на производственные подразделения произвольно. Производственными подразделениями могут быть станки, технологические участки, цеха и их объединения. Важно, что одна и та же производственная единица не может входить в несколько подразделений. Объединенные в группы партии деталей будем называть обобщенными деталями. Производственные подразделения, на которых происходит обработка обобщенных деталей, будем называть обобщенными станками.

Рассмотрим пример того, как происходит группирование. В качестве производственного подразделения выберем цех. Пусть имеется 5 цехов и 4 детали. Маршруты обработки этих деталей приведены в таблице 1.

Данные для процесса группирования

Деталь	Маршрут
1	1 2 3 4 5
2	2 3 4
3	4 5
4	3 2 4

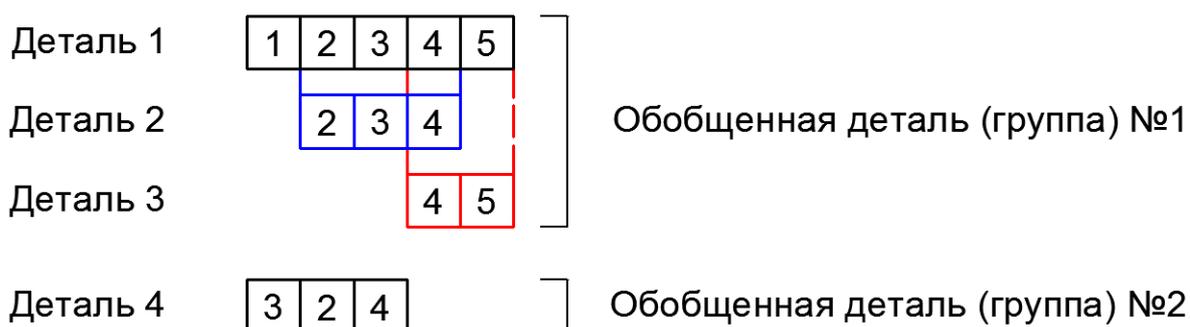


Рис. 1. Процесс группирования

Так как детали 1 и 2 имеют одинаковую последовательность (2 3 4), то они будут объединены в одну группу. Кроме того, детали 1 и 3 тоже имеют одинаковую последовательность (4 5), поэтому к группе, включающую детали 1 и 2 добавится деталь 3. Деталь 4 не имеет общих последовательностей с другими деталями, в этом случае она образует группу, состоящую только из неё самой. Наглядно процесс группирования показан на рис. 1.

Возможны случаи, когда одна деталь имеет совпадения по маршруту с несколькими другими. Возникает своего рода конфликт. Рассмотрим этот случай на примере. Данные для этого примера приведены в таблице 2. Варианты группирования для данного случая показаны на рис. 2. Как видно из рис. 2, в этом случае существует два возможных варианта группирования. Первый вариант, когда первые три детали входят в одну группу, а вторую группу образует только четвертая деталь (рис. 2,а). Вторым вариантом, когда в первую группу входят первые две детали, а во вторую последние две (рис. 2,б).

Данные для процесса группирования, случай с конфликтом

Деталь	Маршрут
1	1 2 3 4 5
2	2 3 4
3	4 5
4	2 1 4 5

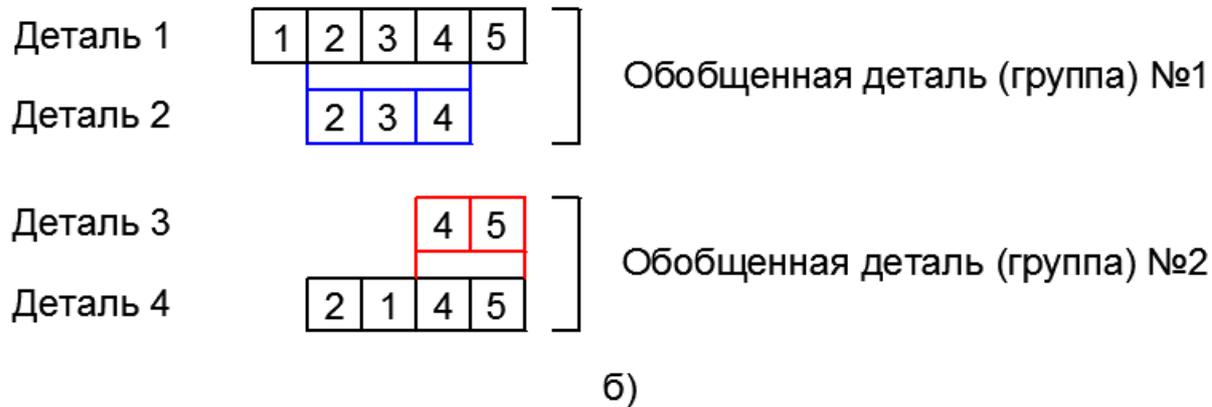
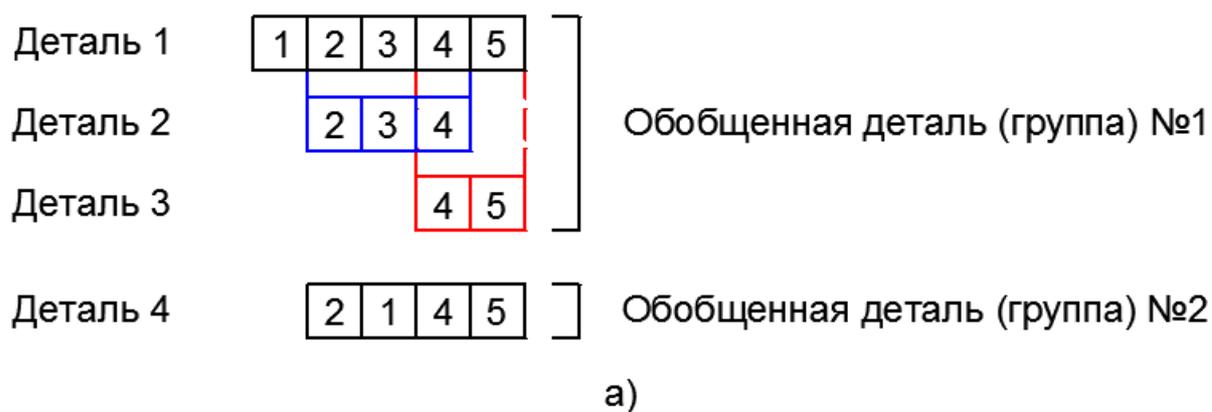


Рис. 2. Варианты группирования в конфликтных ситуациях

В этом случае, для отнесения детали к той или иной группе можно воспользоваться дополнительным критерием. Критерии, по которым может происходить группирование:

- Размер групп. В этом случае, если деталь можно отнести к нескольким группам, она войдет в группу с наименьшим размером.

- Время обработки группы. В этом случае, деталь, которую можно отнести к нескольким группам, войдет в ту, у которой минимальное расчетное время обработки.
- Группы фиксированного размера. Если группа достигла определенного размера, то в неё больше не могут поступать новые детали. Эти детали будут записываться в новую группу.
- и т.д.

В данной работе рассматривается случай, когда детали не могут переходить из одной группы в другую в процессе обработки.

На следующем этапе необходимо определить последовательность обработки партий деталей в производственных подразделениях и построить соответствующие диаграммы Ганта. Для определения расписания обработки существует множество методов.

Группы деталей поступают в производственные подразделения в соответствии с их маршрутами. Как видно из рис. 1 не все партии деталей, входящие в одну группу, начинают обрабатываться одновременно. Обработка некоторых деталей начинается на более поздних этапах. Деталь 2 поступит в обработку после того, как деталь 1 обработается в первом цеху, деталь 3 поступит в обработку ещё позже. Кроме того, и окончание обработки некоторых партий деталей может происходить раньше, чем других. Так, для детали 2, входящей в первую группу (см. рис. 1), обработка закончится в цеху 4, тогда как деталям 1 и 3 ещё предстоит обработка в 5-ом цеху. Детали, обработка которых закончилась, в дальнейшем построении расписаний на уровне подразделений не участвуют.

Важно отметить, что размер группы (количество наименований партий деталей) в процессе построения расписания неизменный, но количество партий деталей участвующих в построении расписания может меняться.

На рис. 3 показана диаграмма Ганта, соответствующая расписанию обработки *i*-й группы деталей в 1-м производственном подразделении.

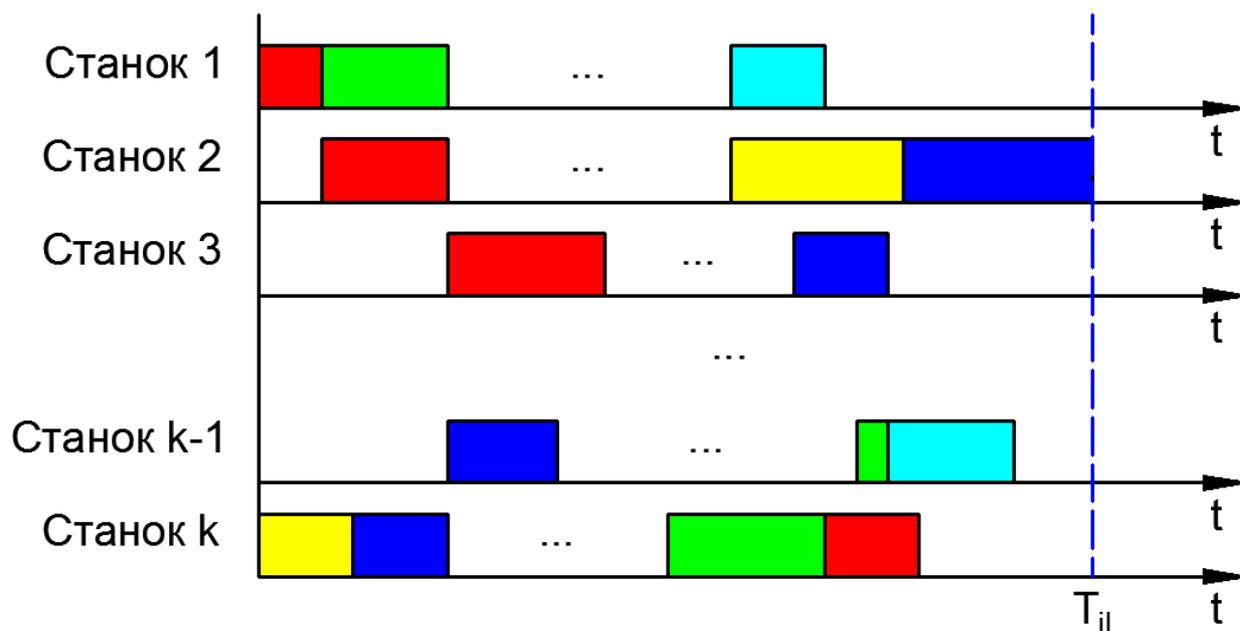


Рис. 3. Диаграмма Гантта для расписания обработки i -й группы деталей в l -м производственном подразделении

После того, как построены все расписания на уровне производственных подразделений, переходим к построению расписания для завода. Для этого представим производственные подразделения как обобщенные станки, а группы деталей как обобщенные детали. Таким образом, мы имеем l обобщенных станков (l равно количеству производственных подразделений) и i обобщенных деталей (i равно количеству групп деталей). Для обобщенных деталей известны маршруты обработки на обобщенных станках и продолжительности операций T_{il} (см. рис. 3). Теперь, благодаря описанным выше манипуляциям, можем построить расписание для завода, используя те же методы что и на уровне подразделений. В работе [4] такое расписание называется «каркасным». На рис. 4 показана диаграмма Гантта для «каркасного» расписания. Здесь в качестве производственных подразделений были выбраны цеха.

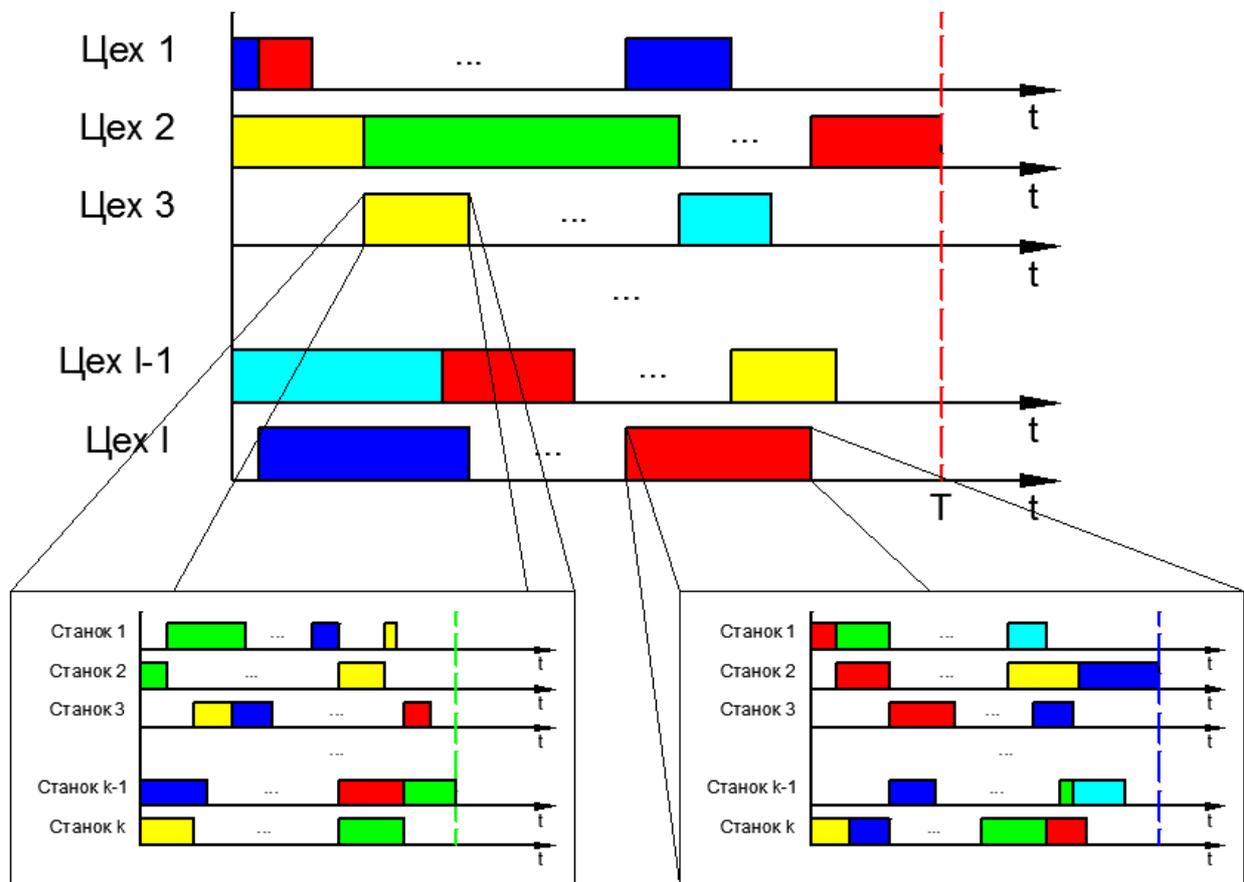


Рис. 4. Диаграмма Гантта «каркасного» расписания

Последняя стадия – «склейка» расписания. Необходимость в данной операции возникает вследствие использования метода группирования.

Рассмотрим, как происходит склейка расписаний на примере. Пусть две обобщенные детали обрабатываются последовательно на одном обобщенном станке. При построении расписания для завода мы рассматривали обобщенные детали как нечто целое. Поэтому строили диаграмму, руководствуясь следующими положениями:

- на одном станке не может одновременно обрабатываться несколько деталей;
- одна деталь не может одновременно обрабатываться на нескольких станках;

Эта ситуация показана на рис. 5. Но обобщенная деталь состоит из множества партий деталей, а обобщенный станок из множества производственных единиц (см. рис. 5). Как видно из рис. 5, если рассматривать партии деталей, некоторые операции можно «подвинуть». Результаты показаны на рис. 6.

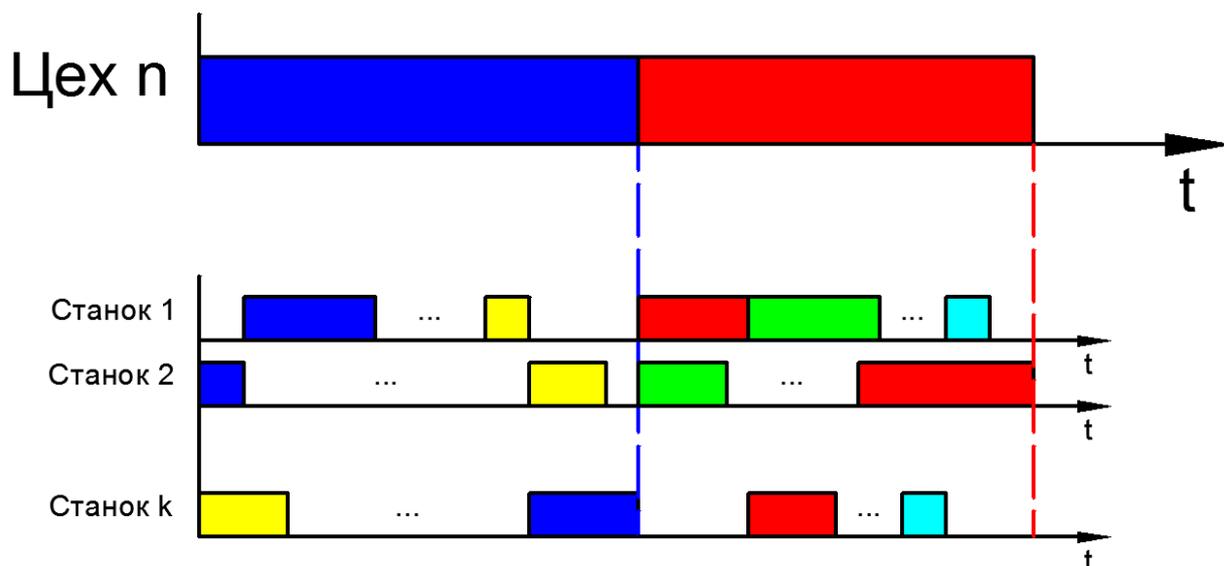


Рис. 5. Диаграмма Гантта до «склеивания»

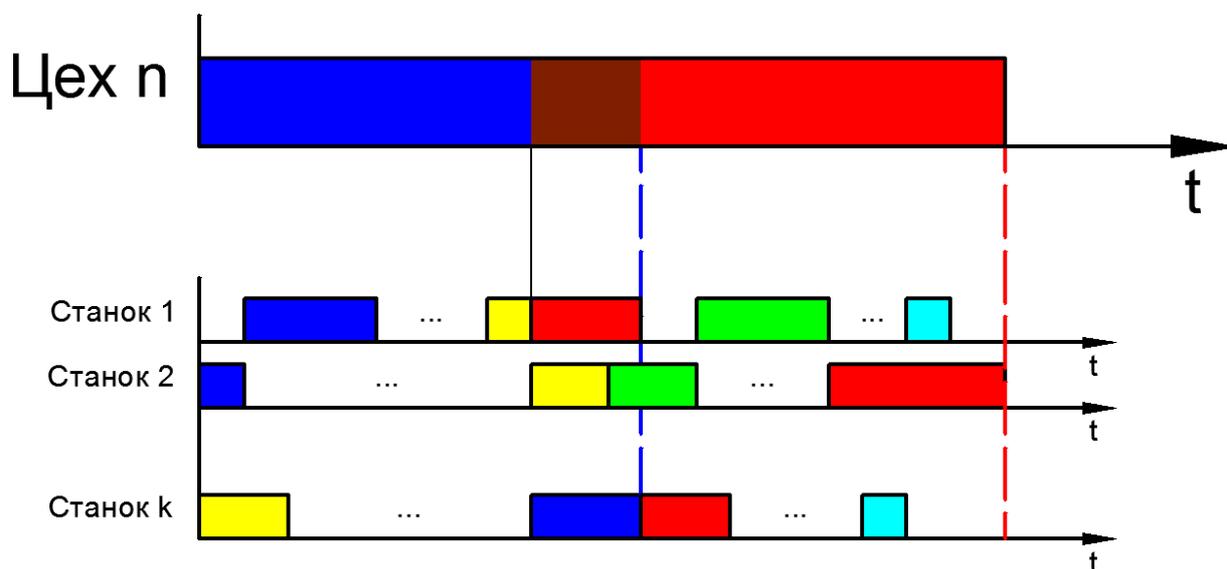


Рис. 6. Диаграмма Гантта после «склеивания»

Процесс корректировки расписания с учетом уже выполненных операций называется «склеиванием» расписания. Как видно из рис. 6, в результате склеивания может возникнуть ситуация, когда две обобщённые детали будут одновременно обрабатываться на одном обобщенном станке. Область, в которой одновременно обрабатываются две обобщённые детали, называется областью «склеивания».

При выполнении данной операции важно учесть, что не все операции на одном станке смещаются на одинаковую величину. На рис. 5, на первом станке между «красной» и «зеленой» операциями нет простоя. Но после «склеивания» между выполнением этих операций оборудование простаивает. Если бы «зеленая» деталь сдвинулась бы как

«красная», то был бы нарушен один из принципов построения диаграммы, в частности, «зеленая» деталь обрабатывалась бы одновременно на первом и втором станках.

Задача «склеивания» расписания является весьма трудоемкой, но в разы менее трудоемкой, чем построение расписания для завода без группирования деталей и производственных единиц.

В результате «склеивания» время обработки обобщенной детали может не измениться, уменьшиться или увеличиться. Но в любом случае расписание не станет хуже, т.к. простои оборудования при «склеивании» могут только уменьшиться.

Таким образом, методы агрегирования информации позволяют строить расписания на уровне предприятия при помощи тех же методов, что и на уровне производственных подразделений. Кроме того, такой подход позволяет значительно сократить временные затраты на построение расписания.

Список литературы

1. Bruker P. Scheduling Algorithms. Leipzig: Springer. 2007. 371 p.
2. Конвей Р.В., Максвелл В.А., Миллер Л.В. Теория расписаний: пер. с англ. / под ред. Г.П. Башарина. М.: Наука, 1975. 360 с. [Richard Walter Conway, William L. Maxwell, Louis W. Miller. Theory of Scheduling. Addison-Wesley, 1967. 294 p.].
3. Зак Ю.А. Прикладные задачи теории расписаний и маршрутизации перевозок. М.: Книжный дом «Либроком», 2011. 393 с.
4. Сидоренко А.М., Хоботов Е.Н. Агрегирование при планировании работ на машиностроительных предприятиях // Теория и системы управления. 2013. № 5. С. 132-144.
5. Сидоренко А.М., Хоботов Е.Н. Планирование производств с параллельной сборкой изделий // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2009. № 3. С. 100-109.
6. Хоботов Е.Н. О некоторых моделях и методах решения задач планирования в дискретных производственных системах // АиТ. 2007. № 12. С. 85–100.