

УДК 681.3

Д.К. Литвиненко, магистр,**С.Н. Фисун, канд. техн. наук, доцент,****О.П. Чуб, канд. техн. наук, доцент***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, д.33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: fserg48@mail.ru***ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ МАШИН ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА**

Предложена модель для оптимизации загрузки машин термической резки (МТР) путем минимизации времени простоя. Обоснована важность задачи оптимизации МТР и приведены открывающиеся перед предприятием возможности, связанные с эффективным использованием машинного времени. На базе приведенной модели была разработана программная система поддержки принятия решения, позволяющая лицу принимающему решение (ЛПР) осуществлять выбор наиболее оптимального сменно-суточного задания на порезку металла.

Ключевые слова: *машина термической резки, оптимизация загрузки производственных мощностей, этап заказа, сменно-суточное задание.*

Максимизация загрузки производственных мощностей позволяет определить реальные возможности производства, а следовательно, и увеличить прибыль [1].

Производство одного вида готовой продукции описывается технологическим процессом, который делится на конкретные этапы. Некоторые этапы могут выполняться параллельно, некоторые последовательно. Это важно, так как для определения максимальных возможностей предприятия по производству конкретного вида готовой продукции необходимо определить максимальную производительность на каждом из этапов технологического процесса [2].

Перед определением максимальной производительности каждый этап должен быть оптимизирован. Одним из способов оптимизации является минимизация времени простоя оборудования. Исходя из вышесказанного, расчет загрузки производственных мощностей является исключительно важной задачей, от которой зависит следующее: 1) рациональное использование рабочего времени; 2) возможность принятия новых заказов; 3) планирование производства.

На каждом предприятии, продукцией которого являются металлоизделия, наиболее важными представляются два производственных этапа:

- 1) порезка исходного металла; результатом данного этапа являются полуфабрикаты металлоизделий;
- 2) обработка полуфабрикатов; результатом данного этапа является готовая продукция.

В настоящее время для порезки металлоизделий в основном используются машины плазменной и газовой резки металла, которые относятся к классу машин термической резки [3].

Актуальной является задача оптимизации загрузки металлорежущего оборудования, осуществляющаяся как подзадача на этапе планирования производства. При таком подходе сильно сокращается гибкость построения сменно-суточных заданий, поэтому для получения высокой загрузки оборудования необходимо повторять процесс планирования при малейших отклонениях от исходных данных с использованием специально разработанного автономного модуля формирования сменно-суточных заданий и оптимизации загрузки оборудования на конкретном этапе технологического процесса. Данный подход позволяет в сжатые сроки реагировать на многие нештатные ситуации, иметь объективную картину о реальных возможностях оборудования на конкретном этапе технологического процесса и получать несколько вариантов суточных заданий в зависимости от условий, введенных лицом, принимающим решение.

Целью данной статьи является обоснование важности вопроса формирования сменно-суточных заданий на металлоизделия, и анализ возможных вариантов его решения на базе программной системы поддержки принятия решений. При разработке программной системы необходимо учитывать производственные условия, в которых она будет использоваться.

Постановка задачи

Процесс обработки металла на МТР разбивается на следующие составляющие.

1. Подготовительный этап, который включает в себя доставку и установку исходных листов на стол МТР; участники: стропальщики, операторы кранов, оператор МТР. Оборудование: кран.
2. Порезка металла. Включает в себя прочерчивание карты раскроя, контрольные замеры и непосредственно порезку листа. Участники: оператор МТР; оборудование: МТР.
3. Завершающий этап; он включает в себя снятие полуфабрикатов и металлолома со стола МТР. Участники: стропальщики, операторы кранов, оператор МТР; оборудование: кран.

Первый и третий этапы относятся к работе людей и вспомогательного оборудования и поэтому подлежат нормированию.

Время выполнения первого этапа раскроя листа металла на МТР можно принять за величину неизменяемую, так как фактически установка листа на стол МТР осуществляется по одному алгоритму и не зависит от параметров листа.

Время выполнения второго этапа раскроя листа металла на МТР зависит от длины реза, толщины металла и производительности МТР.

Время выполнения третьего этапа раскроя листа металла на МТР зависит от следующих параметров: количества полуфабрикатов и металлолома. Таким образом, время завершающего этапа зависит от специфики производства и, так как предприятия обычно выпускают конечное количество видов готовой продукции, практически неизменно для каждого вида.

Корректировка сменно-суточных заданий производится при появлении непредвиденных ситуаций или поступлении новых заказов. Сменно-суточное задание на порезку металла содержит следующую информацию: количество листов, типы чертежей и заказов. Оно должно формироваться таким образом, чтобы максимально использовать производительность МТР, а следовательно обеспечить максимальную загрузку производственной мощности МТР.

Данный процесс должен быть автоматизирован, поскольку является высоко-трудоемким. Программная система, выполняющая эту задачу, позволит получать наиболее точные результаты, сократить время проработки новых заказов и рассчитать себестоимость обработки.

Необходимо разработать программную систему, формирующую сменно-суточные задания таким образом, чтобы время простоя МТР было минимальным.

Лицу, принимающему решение, необходимо предоставить возможность использовать следующие ограничения:

- 1) по каким чертежам должно быть порезано определенное число листов;
- 2) общее время работы на этапе;
- 3) отклонение от оптимального задания по времени простоя или рабочему времени.

Формализовав вышесказанное, получим следующую модель [5].

Описание модели

Цель: минимизировать время простоя МТР за смену.

Допущения: ресурсы, необходимые для работы МТР безграничны; каждый лист металла может быть обработан на МТР. Эти допущения связаны с тем, что порезка металла начинается на этапе, когда производственный заказ уже принят в работу. Ресурсы, необходимые для работы МТР, закупаются на этапе подготовки к заказу. Заказы, подразумевающие обработку листов металла, которые не могут быть порезаны на МТР, отсеиваются на этапе проработки заказа. Следовательно, порезка металла относится непосредственно к производственному этапу заказа.

Описание переменных:

t_n – время простоя, D – множество чертежей, P – времена выполнения первого этапа по каждому из чертежей, S – времена выполнения второго этапа по каждому из чертежей, F – времена выполнения третьего этапа по каждому из чертежей, K – количество листов по каждому чертежу подлежащих обработке, M – множество максимальных количеств листов, которые возможно обработать на МТР за смену, t_s – длительность смены, L – множество времен простоя МТР при порезке максимального числа листов одного чертежа, C – множество количеств листов по каждому чертежу, обрабатываемых в текущем сменно-суточном задании, A – множество времен обработки листа по каждому чертежу.

Целевая функция:

$$t_n = t_s - \sum a_i \cdot s_i \rightarrow \min.$$

Ограничение по количеству обрабатываемых листов запишется как

$$c_i \leq k_i,$$

где $i \leq N_k$ – количество обработанных листов не может превышать количества исходных листов.

$$\sum c_i \cdot a_i \leq t_s,$$

где $i \leq N_k$ – время, затраченное на обработку листов, не может превышать длительность смены.

Параметры модели: $D, P, S, F, K, M, t_s, L, A$.

Управляющие переменные модели: C .

Пример. Для большей наглядности вышесказанного рассмотрим пример.

Существует заказ, по которому необходимо порезать три чертежа: Ч1, Ч2, Ч3.

Количество исходных листов по каждому чертежу: Ч1 – 3 листа, Ч2 – 7 листов, Ч3 – 4 листа.

Длительность каждого этапа по каждому чертежу приведена ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Время обработки листов по каждому чертежу

Этапы	Чертежи		
	Ч1	Ч2	Ч3
1	20	20	20
2	40	20	30
3	20	20	20
Общее время, мин	80	60	70

Длительность смены: 8 часов или 480 минут.

Необходимо определить такое сменно-суточное задание, при котором время простоя будет минимально. Так как в техническом задании на разработку данной программной системы был внесено требование, чтобы программная система оставляла выбор сменно-суточного задания за ЛПР, было принято решение использовать частично полный перебор всех возможных вариантов заданий. Возможные варианты заданий для МТР формируются с учетом введенных ЛПР ограничений.

Предположим, что ЛПР применил третье ограничение со значением в 10 минут от времени простоя в оптимальном задании. Возможные варианты заданий с общим временем обработки (сумма времен трех этапов) и временем простоя приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Варианты сменно-суточных заданий

Ч1	Ч2	Ч3	Время обработки, мин	Время простоя, мин
1	2	4	480	280
2	0	4	440	280
2	3	2	480	280
3	0	3	450	270
3	1	2	440	280
3	4	0	480	280

В зависимости от нужд производства данная программная система может быть реализована на нескольких языках программирования. Рассмотрим преимущества реализации на Java, C++, C#.

Преимуществом Java является независимость от платформы, т.е. такую программную систему можно запускать на большинстве операционных систем персональных компьютеров, планшетов, коммуникаторов, мобильных телефонов. Таким образом, реализация на Java добавляет гибкости такой программной системе. Помимо этого Java-приложения можно запускать в двух режимах: client и server. Первый режим является более экономичным по требованиям к ресурсам вычислительной системы, но на многих задачах менее быстродействующий. Второй режим может обеспечивать большее быстродействие, но более требователен к ресурсам.

C++ и C# стоит выбирать, если формирование сменно-суточных заданий осуществляется на персональном компьютере. Преимущество этих языков заключается в меньшей требовательности к ресурсам вычислительной системы. Графики быстродействия и объема используемой оперативной памяти приведены ниже (рисунки 1, 2).

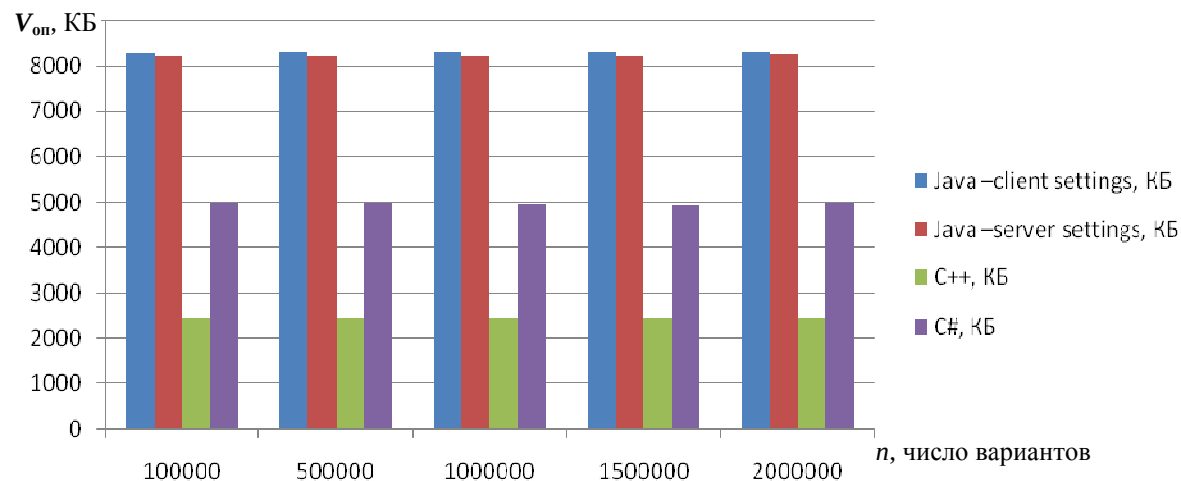


Рисунок 1 – Объем используемой оперативной памяти программной системой

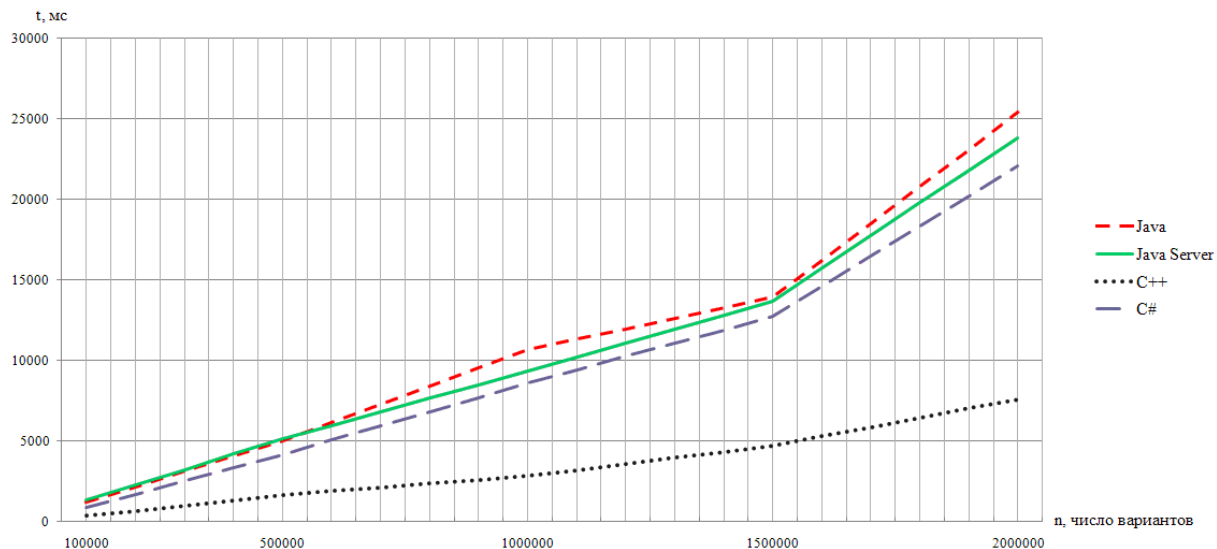


Рисунок 2 – Быстродействие программной системы

Разработанная программная система была испытана в реальных производственных условиях. Она позволяет следующее:

- 1) оценивать предельные возможности МТР по каждому заказу, находящемуся в работе;
- 2) упростить процедуру планирования производства;
- 3) выполнить некоторые из заказов досрочно.

Направлением для дальнейшей работы является расширение модели до нескольких МТР. С помощью расширенной модели можно моделировать поведение не одной МТР, а полностью производственного участка резки металла.

Бibliографический список использованной литературы

1. Агапова Т.А. Макроэкономика: учебник / Т.А. Агапова, С.Ф. Серегина. — М.: Изд-во «Дело и Сервис», 2004. — 448 с.
2. Технический процесс и его составные части [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные. — 2008. — Режим доступа: <http://tehno-line.ru/files/theory/Turning/3-1-1.htm>.
3. Плазмаш. Плазменная резка металла – это универсальный метод термической обработки [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные. — 2007. — Режим доступа: <http://www.plazmamash.ru/node/261>
4. Новиков Д.А. Управление проектами: организационные механизмы. / Д.А. Новиков. — М.: Изд-во ЗАО «ПМСОФТ», 2007. — 140 с.
5. Смородинский С.С. Анализ и оптимизация систем на основе аналитических моделей. / С.С. Смородинский, Н.В. Батин. — Минск: БГУ информатики и радиоэлектроники, 1997. — 572 с.

Поступила в редакцию 14.07.2011 г.

Литвиненко Д.К., Фісун С.М., Чуб О.П. Оптимізація завантаження машин термічного різання металу

Запропоновано модель для оптимізації завантаження машин термічного різання металу (МТР) шляхом мінімізації часу простою. Обґрунтовано важливість завдання оптимізації МТР і наведені можливості, що з'являються у підприємства, пов'язані з ефективним використанням машинного часу. На базі наведеної моделі було розроблено програмну систему підтримки прийнятого рішення, що дозволяє особі, що ухвалює рішення (ОПР) здійснювати вибір найбільш оптимального змінно-добового завдання щодо розрізування металу.

Ключові слова: машина термічного різання, оптимізація завантаження виробничих потужностей, етапи замовлення, змінно-добове завдання.

Litvinenko D.K., Fisun S.N., Chub O.P. Optimization of loading for machines of thermal metal cutting

We propose a model for optimizing loading of thermal cutting machines by minimizing downtime. The importance of the optimization task for the thermal cutting machines is substantiated. Opportunities associated with enterprise effective use of computer time are suggested. On the basis of the model above, a software system, which enables decision-makers to choose the most optimal shift-day tasks for metal cutting, is developed.

Keywords: thermal cutting machine, optimizing capacity utilization, the steps order, shift-day job.