

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2019, №2, Том 6 / 2019, No 2, Vol 6 <https://resources.today/issue-2-2019.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/16ECOR219.pdf>

DOI: 10.15862/16ECOR219 (<http://dx.doi.org/10.15862/16ECOR219>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Матвеева Е.А., Симагина С.Г. Моделирование и оптимизация загрузки производственных мощностей предприятия с мелкосерийным типом производства // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2019 №2, <https://resources.today/PDF/16ECOR219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/16ECOR219

For citation:

Matveeva E.A., Simagina S.G. (2019). Model analysis and optimization of operating rates of enterprises with small-series production type. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 2(6). Available at: <https://resources.today/PDF/16ECOR219.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/16ECOR219

УДК 519.86

ГРНТИ 06.81.65

Матвеева Елена Александровна

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия
Доцент кафедры «Прикладной информатики»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: helen_matveeva@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=83169

Симагина Светлана Германовна

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», Самара, Россия
Профессор кафедры «Математических методов в экономике»
Доктор экономических наук, доцент
E-mail: simaginasve@gmail.com
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=134189
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=8910987400>

**Моделирование и оптимизация загрузки
производственных мощностей предприятия
с мелкосерийным типом производства**

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с управлением производственным предприятием с мелкосерийным типом производства. Определяются характерные особенности мелкосерийного производства. Рассматривается комплекс задач, определяемых на фазе планирования производства. Подробно рассматривается задача расчета, анализа и оптимизации загрузки оборудования, которая ставится как минимизирующая напряженность плана производства и максимизирующая загрузку рабочих мест. Расчеты проводятся по каждому виду работ на требуемые сроки – год, месяц, неделя и др. – для всего предприятия, цехов, производственных участков, рабочих мест. Рассчитываются трудоемкость для каждого рабочего места и коэффициент загрузки оборудования. Проводится анализ полученных показателей, что является основанием для перераспределения загрузки рабочих мест.

Ключевые слова: математическая модель; производственное предприятие; мелкосерийное производство; расчет; анализ и оптимизация загрузки оборудования; управление производством

Введение

Современные условия, предусматривающие достаточно жесткую конкуренцию не только в масштабах отрасли, страны, но и в мировом масштабе, ставят производственными предприятиями определенные требования:

- удовлетворение спроса на их продукцию во все возрастающих объемах и номенклатуре;
- сокращение сроков выполнения заказов на продукцию и услуги;
- снижение затрат на изготовление продукции и на предоставление услуг;
- снижение себестоимости продукции и услуг, повышение конкурентоспособности отечественных производителей.

Предприятия ищут пути изготовления конкурентоспособной продукции, как по техническим характеристикам, так и по стоимости. А это требует существенного снижения затрат на всех стадиях производственной деятельности.

Кроме того, стремление к удовлетворению запроса рынка привело к резкому росту номенклатуры выпускаемой продукции, соответственно к росту численности предприятий с мелкосерийным типом производства, управление которыми имеет свои сложности, особенно в управлении производством.

Все это обуславливает необходимость разработки моделей и оптимизации загрузки производственных мощностей предприятий с мелкосерийным типом производства производственного процесса [1; 2].

Оптимизация управление процессом производства

Оптимизационная задача – это экономико-математическая задача, которая состоит в нахождении оптимального (максимального или минимального) значения целевой функции. Поэтому процесс моделирования начинается с формирования целей. Для производственного предприятия основной целью производственно-экономической деятельности является своевременное выполнение заказов на выпускаемую номенклатуру продукции, соответствующей специализации предприятия.

Приведение деятельности предприятия в соответствие с заранее обусловленной закономерностью достижения цели является процессом управления. Управление производственной деятельностью предприятия включает в себя обработку информации, принятие на ее основе управленческих решений, организацию их выполнения и контроль за ходом процессов. Входной информацией является подетальный план, формируемый в результате решения задач оперативно-календарного планирования, являющийся фактически целью управления производством [3; 9].

Выбор состава задач по фазам управления, их моделирование подчинены достижению поставленной перед предприятием цели – обеспечение обработки деталей в номенклатуре, количестве и сроках, заданным сборкой (в подетальном плане), рациональное использование оборудования предприятия.

В комплекс задач (z), решаемых на фазе моделирования планирования производства, входят следующие:

- определение оптимальных размеров партий обрабатываемых изделий (n_{ij}) (может быть месячной, квартальной, годовой и др.);
- расчет, анализ и перераспределение загрузки оборудования. Расчет трудоемкости (T) и загрузки рабочих мест ($ЗРМ_{ij}$) ведутся дифференцированно по каждому рабочему месту ($РМ$), соответственно с принятой на этапе технологического проектирования специализацией. Перераспределение загрузки по взаимозаменяемым РМ (временное изменение специализации РМ), проводится исходя из рассчитанной трудоемкости обработки групп деталей на конкретный месяц $ЗРМ_{ij} = f(ЗО_{ij}, T_{ij})$;
- моделирование производственного процесса (формирование календарного расписания) ($ТП_{ij}$) загрузки РМ, исходя из сменности работы каждого РМ;
- учет, контроль, анализ и регулирование производственного процесса, исходя из сформированных заданий на рабочие места ($ЗО_{ij}$).

$$z = \{z_{ij}\},$$
$$z = \sum_1^i \sum_1^j n_{ij} + T + ЗРМ_{ij} + ТП_{ij} + ЗО_{ij} .$$

Задачами контроля и регулирования производственного процесса обработки деталей являются:

- сбор информации (J_{ij}) о фактическом выполнении сменного задания;
- контроль (K_{ij}) и учет ($Ч_{ij}$) фактического выполнения сменных заданий каждым рабочим местом и участком;
- межоперационный учет движения детали по рабочим местам;

$$\{ЗО_{ij}, K_{ij}, Z_{ij}\} \mapsto МУ_{ij};$$

- формирование сменных заданий на каждое РМ $МУ_{ij}, \mapsto ЗО_{ij}$;
- расчет показателей работы производства и рабочих за предыдущий день и нарастающим итогом на начало месяца по производству в целом и по каждому рабочему [4–8].

По завершению каждого планового периода рассчитываются итоговые показатели выполнения планов производства каждым рабочим местом и участком.

Задача загрузки оборудования является весьма важной, так как рациональное использование мощностей позволяет снизить себестоимость продукции, а значит установить конкурентоспособную стоимость. Поэтому решение задачи расчета, анализа и перераспределения загрузки оборудования для производственного предприятия с мелкосерийным типом производства рассмотрим подробно.

Результаты оценки напряженности сформированного плана раскрывают картину ожидаемой загрузки рабочих мест по видам работ и рабочих по профессиям, что дает основания для принятия соответствующих решений.

Отличительные особенности мелкосерийного производства: отсутствие пропорциональности операционных трудоёмкостей по видам работ, нестабильность номенклатуры и объёмов её производства по месяцам приводят к тому, что при полной загрузке оборудования по одним видам работ оборудование по другим видам работ может быть существенно недогружено. Причём загрузка оборудования по месяцам не остаётся постоянной, может существенно изменяться.

Расчет, анализ и оптимизация загрузки оборудования

Задача расчета загрузки оборудования (ZO_{ij}) ставится как минимизирующая напряженность плана производства (P_{ij}) и максимизирующая загрузку рабочих мест (PM_{ij}).

$$ZO_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} f(P_{ij}) \rightarrow \min \\ f(PM_{ij}) \rightarrow \max \end{array} \right\}$$

Расчеты загрузки оборудования (ZO_{ij}) набранным портфелем заказов могут вестись на любой заданный период времени (год, месяц, неделя и др.), в разрезе основных видов работ в целом по предприятию, по цехам, по производственным участкам или конкретно по каждому рабочему месту. График загрузки оборудования приведен на рис. 1 [4].



Рисунок 1. График загрузки оборудования

По результатам анализа планы производства могут быть скорректированы с последующим перерасчётом загрузки оборудования следующим образом:

- в случае недогрузки оборудования по всем видам работ может быть увеличен внутренний заказ, изменены сроки выполнения отдельных заказов или их комплектующих (перенос части работ с последующих плановых периодов) или приняты другие действия;
- в случае перегрузки оборудования по определённым видам работ на производственных участках цехов возможно перераспределение загрузки путём перераспределения номенклатуры между производственными участками;
- в случае перегрузки оборудования по отдельным видам работ по всем цехам могут быть изменены объёмы или сроки производства отдельных видов

продукции (по согласованию с заказчиками); часть работ может быть передана предприятиям-партнёрам на производство по кооперации или др.

После каждой коррекции плана по рассматриваемой детали пересчитывается загрузка по всем видам работ, так как изменение плана производства детали влияет на изменение загрузки рабочего места (РМ).

Расчеты загрузки оборудования (каждого конкретного рабочего места) и перераспределение работ по взаимозаменяемым рабочим местам ведутся аналогично. Все проводимые изменения по снятию перегруза рабочих мест и по перераспределению работ по взаимозаменяемым рабочим местам носят временный характер – только на планируемый месяц [4; 5].

Трудоемкость запуска T_3 или месяца T_m определяется по формуле для каждого рабочего места

$$T = \sum_{j=1}^m \left[\sum_{i=1}^d t_{ij} \cdot n_{ij} + t_{nj} \right] / K_{\text{вн}j} + t_{\text{npj}}$$

где t_{ij} – норма времени на j -ю операцию i -ой детали (мин); n_{ij} – размер партии запуска i -х деталей на j -ой операции (шт); d – количество наименований деталей в группе (шт); m – количество деталей в запуске(месяце) (шт); t_{nj} – затраты времени на подналадку (мин); t_{npj} – затраты времени на наладку (мин); $K_{\text{вн}j}$ – коэффициент выполнения норм на данном рабочем месте.

Коэффициент загрузки каждого рабочего места K_3 определяется по формуле $K_3 = \frac{T}{\Phi}$,

где Φ – фонд времени, определяемый как

$$\Phi = T_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{рд}} \cdot K_{\text{орг}}$$

и соответственно: $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены (час); $K_{\text{см}}$ – количество смен; $K_{\text{рд}}$ – количество рабочих дней в запуске (месяце); $K_{\text{орг}}$ – коэффициент организационных потерь, учитывающий простои оборудования при организационно-техническом обслуживании и мелких ремонтах.

Для перераспределения загрузки определяются рабочие места, имеющие $K_3 > 1$, и искивается возможность передачи части партий деталей на взаимозаменяемые рабочие места. Перераспределение начинается с рабочего места, имеющего наибольший коэффициент загрузки, когда по этому рабочему месту выбран вариант решения, то берется следующее перегруженное рабочее место и процедура повторяется до тех пор, пока не будут рассмотрены все перегруженные рабочие места.

Вначале анализируется коэффициент загрузки запуска $K_{3з}$ и если $K_{3з} \leq 1$, то загрузку этого рабочего места оставляют без изменения, а при $K_{3з} > 1$, проверяется коэффициент загрузки месяца $K_{3м}$. При $K_{3м} \leq 1$ загрузку этого рабочего места оставляют без изменения, а при $K_{3м} > 1$ необходимо перераспределить часть загрузки на взаимозаменяемые рабочие места. Для этого нужно выбрать рабочее место с минимальным значением $K_{3мв}$. Если $K_{3мв} \geq 0,9$, то рассматривается возможность разгрузки путем обработки части партий по резервной технологии, для чего производится отбор деталей, имеющих резервные технологические маршруты. Выбирается резервное рабочее место с минимальным значением $K_{3мр}$. При $K_{3мр} < 1$ на резервное рабочее место можно передать часть партий с перегруженного. Если $K_{3мр} \geq 0,9$, то передача части работы на резервные операции нецелесообразна.

Если на взаимозаменяемом рабочем месте $Z_{MB} < 0,9$, т. е. резерв более 10 %, то для перегруженного рабочего места определяется коэффициент превышения загрузки K_n по формуле $K_n = KZ_M - 1$

и соответствующая ему трудоемкость $T_n = \Phi_M \cdot K_n$.

Для разгрузки рассматриваемого рабочего места подбирается партия, имеющая трудоемкость T_{n1} , близкую к трудоемкости T_n и удовлетворяющая условию $T_{n1} \geq T_n$. С этой целью для каждой партии рассчитывается разность трудоемкости $\Delta T = T_{n1} - T_n$. Из партий, имеющих положительное значение ΔT , формируется «массив положительных разностей» и из него выбирается партия имеющая $\min \{\Delta T\}$, которая передается на взаимозаменяемое рабочее место. Если нет партии с трудоемкостью $T_{n1} \geq T_n$, то подбирается партия с трудоемкостью близкой к T_n , но не превышающая ее, т. е. $T_{n1} \leq T_n$. При условии $T_{n1} < 0,9T_n$ снятие одной партии не позволит разгрузить рабочее место и в этом случае необходимо проанализировать возможность передачи на взаимозаменяемое место двух партий. Для этого определяется суммарная трудоемкость каждой пары партий ΔT_c , и выбирается пара партий, имеющая суммарную трудоемкость T_c , близкую к трудоемкости T_n при условии $T_c \geq T_n$. Для каждой пары партий рассчитывается разность $\Delta T_c = T_c - T_n$, формируется «массив положительных разностей» ΔT_c (аналогично разности ΔT), из которого выбирается для передачи на взаимозаменяемое рабочее место пара партий, имеющая $\min \{\Delta T_c\}$ (T_{cn}).

Если нет партий с трудоемкостью $T_c \geq T_n$, то выбирается пара партий с трудоемкостью $T_c < T_n$ из «массива отрицательных разностей» ΔT_c и находится $\min \{|\Delta T_c|\}$ (T_{cn}).

Когда определена партия (или несколько партий) для разгрузки анализируемого рабочего места, для взаимозаменяемого рабочего места рассчитывается коэффициент недогрузки $K_H = 1 - KZ_{MB}$, и соответствующая ему трудоемкость T_H (резерв времени)

$$T_H = \Phi_M \times K_H \quad (1)$$

Далее производится сравнение трудоемкости партий (или пары партий), передаваемой на взаимозаменяемое рабочее место T_{cn} , и резерва времени на нем T_H .

Если $T_H \geq T_{cn}$, то на взаимозаменяемом рабочем месте можно обрабатывать дополнительную партию (или пару партий) с трудоемкостью T_{cn} . В этом случае производится корректировка трудоемкости рабочего места $T_{MB} = T_{MB} + T_{cn}$, и коэффициента его загрузки

$KZ_{MB} = \frac{T_{MB}}{T_M}$ и корректировка этих же показателей для анализируемого рабочего места

(перегруженного) соответственно $T_{M'} = T_M - T_{cn}$ и $KZ'_{M'} = \frac{T_{M'}}{\Phi_M}$. Если $T_H < T_{cn}$, то T_{cn} превышает T_H не более, чем на 10 %, т. е. $T_{cn} \leq 1,1T_H$, то эта трудоемкость так же может быть передана на взаимозаменяемое рабочее место, и в этом случае производится корректировка коэффициентов загрузки на перегруженном и взаимозаменяемом рабочих местах.

При условии $T_{cn} > 1,1T_H$ нельзя загрузить анализируемое рабочее место, не вызвав в свою очередь перегрузку взаимозаменяемого. В таком случае еще раз рассматривается возможность использования резервного маршрута. С этой целью выбирается резервное рабочее место с минимальным коэффициентом загрузки $KZ_{Mр}$ при условии $KZ_{Mр} < 0,9$ и рассчитывается соответствующий резерв времени – трудоемкость $T_{Hр}$ по формуле (1).

Из массивов «положительных или отрицательных разностей» ΔT (или ΔT_c) выбирается партия (или пара партий), имеющая минимальное значение $\Delta T = \min \{|\Delta T|\}$ (или $\Delta T_c = \min \{|\Delta T_c|\}$).

Для этой партии (пары партий) рассчитывается трудоемкость обработки на резервном рабочем месте T_p по формуле

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^d t_{ij}' \cdot n_{ij} + t_{n'nj}}{K_{BHj}} + t_{np'j},$$

где t_{ij}' – норма времени на резервную j' -ю операцию (мин); $t_{n'nj}$ – время подналадки на резервном j' -ом рабочем месте (мин); $t_{np'j}$ – время наладки на резервном j' -ом рабочем месте (мин); K_{BHj} – коэффициент переработки норм на резервном j' -ом рабочем месте.

При условии $T_{np} \geq T_p$ разгрузка возможна и в таком случае производится корректировка трудоемкости резервного рабочего места T_{MPj}' , коэффициента его загрузки $KЗ_{MPj}'$ по формулам

$$T_{MPj}' = T_{MPj} + T_p, \tag{2}$$

$$KЗ_{MPj}' = \frac{T_{MPj}'}{\Phi_M} \tag{3}$$

и корректировка этих же показателей для анализируемого (перегруженного рабочего места) соответственно TM' и $KЗ'_{mp}$ по формулам (2) и (3).

Если $T_{np} < T_p$, то делается вывод о невозможности разгрузки данного рабочего места. На этом цикл анализа и перераспределения загрузки одного рабочего места заканчивается и все процедуры повторяются для следующего рабочего места с $KЗ_M > 1$ [4; 5].

Выводы

Диаграмма загрузки оборудования производственного участка по видам работ (АВ – автоматные, РВ – револьверные, ТК – токарные, РС – расточные, СВ – сверлильные, СЛ – слесарные, ФР – фрезерные, ШЛ – шлифовальные) до и после корректировки представлена на рис. 2 [4].

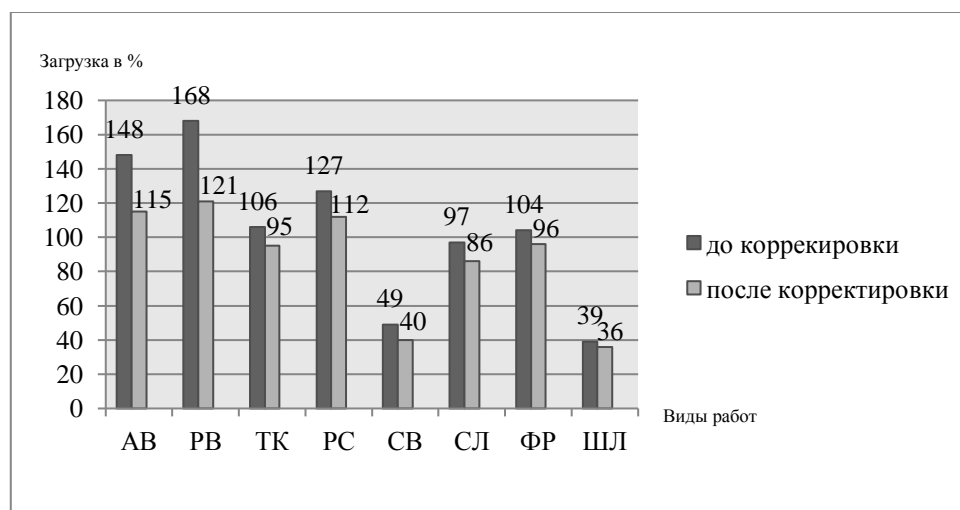


Рисунок 2. Диаграмма загрузки оборудования по видам работ

Из представленных данных диаграммы видны соответствующие существующей организации работ резкая неравномерность загрузки оборудования на различных видах работ и перегруженность пяти технологических операций, колеблющаяся от 168 % на револьверном оборудовании до 39 % на фрезерном. По диаграмме последовательно выбираются перегруженные или недогруженные виды работ для диалоговой работы по корректировке загрузки [4; 5].

Для выбранного вида работ показывается перечень деталей, обрабатываемых по этому виду с необходимой информацией по каждой детали для решения задачи снятия перегруза или увеличения объема работ:

- производственная программа выпуска детали на планируемый и последующие периоды;
- трудоёмкость и процент загрузки вида работ рассматриваемой детали в планируемом и последующих периодах.

Перераспределение работ между производственными участками приводит к тому, что загрузка выравнивается и колеблется от 121 % на револьверном оборудовании до 86 % на слесарном.

Применение разработанного способа расчета позволило снизить в 1,4 раза неравномерность загрузки оборудования с 33,5 % до 24,4 %, ликвидировать перегруженность двух технологических операций, уменьшить перегруженность остальных видов работ в 3,2 раза.

После каждой коррекции плана по рассматриваемой детали пересчитывается загрузка по всем видам работ, так как изменение плана производства детали влияет на изменение загрузки и других видов работ.

Диаграмма загрузки до и после корректировки по рабочим местам показана на рисунке 3 [4].

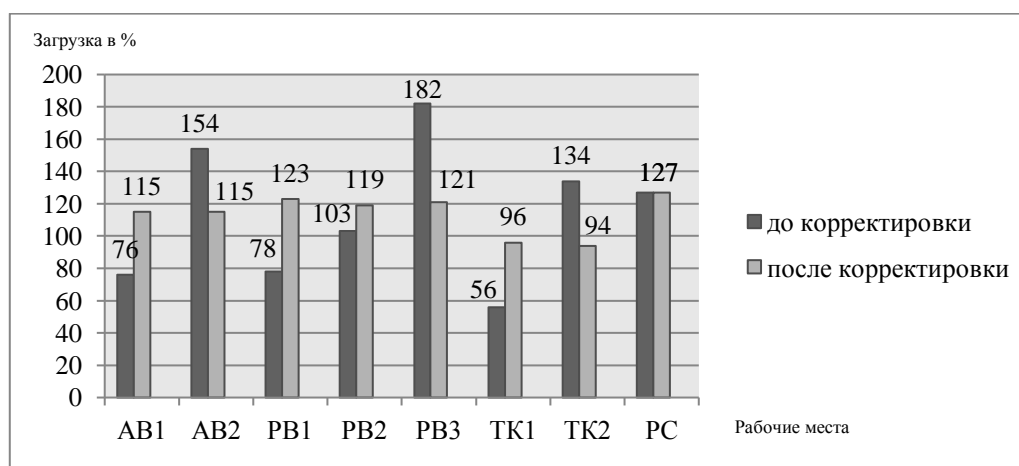


Рисунок 3. Диаграмма загрузки по рабочим местам

Данные диаграммы наглядно иллюстрируют эффективность решения задачи загрузки оборудования по рабочим местам. Для существующей организации производства характерна значительная неравномерность загрузки рабочих мест, в среднем составляющая 36 % с максимальной перегруженностью 82 %. Наиболее загруженными являются рабочие места PB3 – 182 %, AB2 – 154 %, TK2 – 134 %; наиболее недогруженным TK1 – 56 %. Применение разработанной методики снижает неравномерность в 2,3 раза до 16 %, уменьшает среднюю перегруженность рабочих мест в 2,5 раза с 49,3 % до 20 % и максимальную – в 3 раза. Решение

задачи приводит к выравниванию загрузки каждого рабочего места, загрузка колеблется от 127 % на рабочем месте РВ до 94 % на ТК2 [4; 5].

Для снятия напряженности производственного процесса цехов и производственных участков расчёт загрузки по видам работ может проводиться не только перед началом, но и во время планового периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRPII. – СПб.: Питер, 2003. – 352 с. – 3000 экз. – ISBN 5-469-00920-3.
2. Матвеева Е.А., Симагина С.Г. Разработка модели системы материального стимулирования рабочих производственного предприятия // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2019 №1, <https://resources.today/PDF/06ECOR119.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/06ECOR119.
3. Симагина, С.Г., Хаймович, И.Н., Демьяненко, Е.Г. Моделирование и оптимизация задач управления производством, инновациями и инвестициями на предприятиях ракетно-космической промышленности на основе информационных технологий / Симагина С.Г., Хаймович И.Н., Демьяненко Е.Г. – Печатное изд-во Самарского университета. – Самара, 2019. – 232 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-7883-1398-6.
4. Матвеева Е.А. Развитие теоретических основ совершенствования организации и управления мелкосерийным производством машиностроительных предприятий / Диссертация на соискание степени доктора технических наук – Самара: 2013 – 364 с. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/razvitie-teoreticheskikh-osnov-sovershenstvovaniya-organizatsii-i-upravleniya-melkoseriinyim->.
5. Интегрированные системы управления производством машиностроительных предприятий [Текст] / А.С. Иванова [и др.]; под ред. А.С. Ивановой. – Самара: Ас Гард, 2011. – 310 с.: ил., табл.; ISBN 978-5-4259-0027-2.
6. Иванова А.С., Петрунина О.Г. Эффективность автоматизации оперативного управления в условиях мелкосерийного производства. – В кн.: Совершенствование управления и планирования промышленного производства в условиях АСУ. – Куйбышев: КПИ, 1984. – С. 62–65.
7. Балашов А.И. Производственный менеджмент (организация производства) на предприятии. – СПб.: Питер, 2009. – 160 с. – 3000 экз. – ISBN 978-5-49807-199-2.
8. Оперативно-производственное планирование и управление [Текст]: учебно-метод. комплекс / В.А. Журавлев. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 111 с. – 1000 экз. – ISBN 978-5-87693-307-2.
9. Татевосов К.Г. Основы оперативно производственного планирования на машиностроительном предприятии. – М.: Машиностроение, 1985. – 278 с.

Matveeva Elena Aleksandrovna

Volga state university of telecommunications and informatics, Samara, Russia
E-mail: helen_matveeva@mail.ru

Simagina Svetlana Germanovna

Samara national research university, Samara, Russia
E-mail: simaginasve@gmail.com

Model analysis and optimization of operating rates of enterprises with small-series production type

Abstract. The article deals with issues surrounding the production management of enterprise with small-series production type. Specific features of small-series production are determined. Task complex defined by initial production phase comes under review. Problem of calculation, analysis and optimization of machine load is covered in depth. It is assumed that machine load calculating task will minimize potential stress of production plan and maximize workplace capacity. Calculations are carried out for each type of work for the required period (year, month, week, etc.) for the whole enterprise, workshops, production areas, workplaces. The labor intensity for each workplace and usage coefficient are calculated. The analysis of obtained indexes is the basis for redistribution of the workload capacity.

Keywords: mathematical model; manufacturing enterprise; small-series production; calculation; analysis and optimization of machine load; production management

REFERENCES

1. Gavrilov D.A. (2003). Upravlenie proizvodstvom na baze standarta MRPII. [*Production management based on the standard MRPII.*] Saint Petersburg: Peter, p. 352. ISBN: 5-469-00920-3.
2. Matveeva E.A., Simagina S.G. (2019). Development of a model of the system of material incentives for workers of an industrial enterprise. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 1(6). Available at: <https://resources.today/PDF/06ECOR119.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/06ECOR119.
3. Simagina S.G., Khaymovich I.N., Dem'yanenko E.G. (2019). Modelirovanie i optimizatsiya zadach upravleniya proizvodstvom, innovatsiyami i investitsiyami na predpriyatiyakh raketno-kosmicheskoy promyshlennosti na osnove informatsionnykh tekhnologiy. [*Modeling and optimization of production, innovation and investment management tasks at the enterprises of the rocket and space industry based on information technologies.*] Samara: Printing Publishing House of Samara University, p. 232. ISBN: 978-5-7883-1398-6.
4. Matveeva E.A. (2013). Razvitie teoreticheskikh osnov sovershenstvovaniya organizatsii i upravleniya melkoseriynym proizvodstvom mashinostroitel'nykh predpriyatii. [*Development of the theoretical basis for improving the organization and management of small-scale production of machine-building enterprises.*] Samara, p. 364. [online]. Available at: <https://www.dissercat.com/content/razvitie-teoreticheskikh-osnov-sovershenstvovaniya-organizatsii-i-upravleniya-melkoseriynym->
5. Ivanova A.S. and etc. (2011). Integrirovannyye sistemy upravleniya proizvodstvom mashinostroitel'nykh predpriyatii. [*Integrated production management systems for machine-building enterprises.*] Samara: As Guard, p. 310. ISBN: 978-5-4259-0027-2.
6. Ivanova A.S., Petrunina O.G. (1984). Ehfektivnost' avtomatizatsii operativnogo upravleniya v usloviyakh melkoseriynogo proizvodstva. V knige: Sovershenstvovanie upravleniya i planirovaniya promyshlennogo proizvodstva v usloviyakh ASU. [*Efficiency of automation of operational management in the conditions of small-scale production. In the book: Improving the management and planning of industrial production in terms of ACS.*] Kuibyshev: Kuibyshev Polytechnic Institute, pp. 62–65.
7. Balashov A.I. (2009). Proizvodstvennyy menedzhment (organizatsiya proizvodstva) na predpriyatii. [*Production management (organization of production) at the enterprise.*] Saint Petersburg: Peter, p. 160. ISBN: 978-5-49807-199-2.
8. Zhuravlev V.A. (2008). Operativno-proizvodstvennoe planirovanie i upravlenie. [*Operational Production Planning and Management.*] Novosibirsk: Siberian State Academy of Geodesy, p. 111. ISBN: 978-5-87693-307-2.
9. Tatevosov K.G. (1985). Osnovy operativno proizvodstvennogo planirovaniya na mashinostroitel'nom predpriyatii. [*Basics of operational production planning at a machine-building enterprise.*] Moscow: Mechanical Engineering, p. 278.