

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Широченко В. А., Недюхин В. А., Сысоев Н. А.

Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Беларусь

***Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы использования информационных технологий для повышения эффективности многономенклатурного машиностроительного предприятия. Разработано специальное программное обеспечение, с помощью которого решается задача оптимизации на основе применения методов линейного программирования. Проведен анализ возможных постановок задачи оптимизации, режимов и алгоритмов решения задачи проектирования организации производства.*

***Ключевые слова:** производственный процесс, информационные технологии, методы линейного программирования, организация производства, производственные технологии.*

***Annotation.** The paper considers the issues of using information technologies to increase the efficiency of a multi-nomenclature machine-building enterprise. A special software has been developed that solves the optimization problem based on the use of linear programming methods. The analysis of possible formulations of the optimization problem, modes and algorithms for solving the problem of designing a production organization is carried out.*

***Key words:** production process, information technology, linear programming methods, production organization, production technologies.*

Одна из важнейших задач для предприятий машиностроительной отрасли в современных экономических условиях является их выживаемость, которая может быть достигнута на основе высокой эффективности производства. Данная задача является комплексной и для своего решения требует стратегического мышления, адаптивности и постоянного улучшения. Конкуренция на рынке машиностроения становится все более жесткой, поэтому предприятия должны быть готовы к вызовам и активно работать над повышением своей эффективности и конкурентоспособности.

Одним из важнейших факторов, определяющих эффективность предприятия – это операционная эффективность и управление затратами. Повышая операционную эффективность, предприятие добивается снижения себестоимости продукции за счет снижения доли постоянных затрат. Кроме того, при высокой загрузке оборудования, достигается эффект масштаба. Оптимизируются процессы, улучшается координация, снижаются отходы производства, что также ведет к снижению себестоимости [1]. В конечном итоге это приводит к увеличению объема производства, т. к. высокая загрузка оборудования позволяет выпускать больше продукции за тот же период времени. Если продукция пользуется спросом, это напрямую увеличивает выручку и, следовательно, прибыль.

На кафедре «Автоматизированные системы управления» Белорусско-Российского университета разработана программная система, позволяющая проводить анализ производственной мощности многономенклатурного машиностроительного предприятия и осуществлять проектирование организации производства. Программная система построена в клиентсерверной технологии на языке программирования С# с использованием общедоступных библиотек, в которых реализованы необходимые математические методы

параметрической оптимизации. В качестве основной использована библиотека Google OR Tools – программное обеспечение с открытым исходным кодом, предназначенное для решения различных задач линейного программирования с ограничениями, в том числе и с условиями целочисленности.

Структура базы данных программной системы позволяет хранить информацию о всех элементах выпускаемых предприятием изделий с точки зрения их иерархии в конструкции, о технологических маршрутах их изготовления и объединения в сборочные единицы, а также о станочной базе, на которой может быть реализована данная технология. Ввод информации о конструкции каждого из изделий считывается из excel-файла, который представляет собой его спецификацию. Такой способ ввода позволяет значительно ускорить процесс ввода данных и обеспечить адекватность информации. Далее на основе этих данных в диалоговом режиме имеется возможность создания модификаций изделий путем замены или добавления различных конструктивных элементов. Все изменения и модификации могут быть задокументированы в соответствующем excel-файле, созданном по стандартам предприятия.

Технологическая информация вводится в диалоговом режиме на двух уровнях. На первом описывается технологический маршрут изготовления каждой детали в виде последовательности операций и их описания без указания используемого оборудования. На втором уровне для каждой операции определяется оборудование, на котором она может выполняться с учетом всех возможных альтернатив, и длительность ее выполнения. Таким образом, формируется технологическая информация, которая также может быть задокументирована.

Для поддержания базы данных в актуальном состоянии и избегания несанкционированных изменений в программе предусмотрен режим отложенного ввода данных. Любые изменения в конструкции изделия или технологии его изготовления, которые вносят рядовые сотрудники не заносятся сразу в базу данных. Изменения попадают в нее только после того, как руководитель проекта их утвердит. Для этого при входе в систему пользователя с ролью руководителя появляется сообщение о непринятых изменениях и предоставляется возможность их утвердить или отменить. Кроме того, все действия рядовых сотрудников или руководителя фиксируются в системе и при необходимости можно отследить, кто и когда внес те или иные изменения и, кто их утвердил.

Для анализа загрузки оборудования программная система, обрабатывая базу данных с помощью специализированных sql-запросов формирует соответствующую математическую модель. Ввиду того, что предприятие выпускает значительный объем продукции по различной номенклатуре и располагает развитым станочным парком, размерность получаемой математической модели измеряется более чем тысячей искомым величин и примерно таким же количеством соответствующих ограничений. Такая размерность задачи требует использования для анализа быстродействующих математических методов. В связи с этим все выполненные разработки применяемых алгоритмов основаны исключительно на методах линейного программирования [2]. Их применение позволяет не только упростить математическую модель и ускорить ее решение, но и воспользоваться возможностями двойственной задачи для анализа результатов оптимизации. Решение двойственной задачи позволяет оценить влияние используемых ресурсов предприятия на повышение эффективности производственных процессов [3] и ранжировать свое внимание к совершенствованию конструктивных и технологических решений.

Такой подход позволяет не только решать оперативные задачи по максимизации производственных мощностей предприятия, но и определять перспективные направления совершенствования станочной базы и технологических процессов. Так, например, по результатам решения двойственной задачи определяются коэффициенты и пределы влияния на эффективность производственного процесса резервов времени используемого оборудования. Из такого анализа делается вывод о необходимости принятия стратегических решений по расширению станочной базы или о целесообразности сокращения времени на выполнение технологических операций путем их автоматизации или механизации.

В процессе работы с программной системой можно проводить анализ загрузки оборудования предприятия в различных режимах. Первый режим позволяет оценить возможность производства заданного объема продукции за рассматриваемый плановый период. Этот режим позволяет провести анализ загрузки оборудования, оценить возможности и подобрать сменность работы различных производственных подразделений с целью снижения трудоемкости производства. С помощью данного режима можно вручную путем подбора вариаций объема производства по номенклатурным группам провести анализ возможностей и эффективности производства. По своей сути данный режим является проверочным и отвечает на вопрос сможет ли предприятие произвести заданный объем производства или нет. Оптимизировать производство с его помощью затруднительно, так как это потребует значительных затрат времени для проведения анализа.

Стремление предприятия произвести большой объем продукции в ряде случаев приводит к тому, что изготовление некоторых деталей, сборочных единиц или операций передается на другие предприятия в рамках кооперации. Программная система позволяет учитывать такую возможность во всех режимах работы.

Вторым является режим максимизации объема производства с использованием собственной станочной базы для изготовления всех входящих в конструкцию изделий деталей или с конкретным указанием, какие элементы производства будут вынесены за рамки собственных технологических процессов. Такой анализ производится как по всему производству, так и по отдельным составляющим: заготовительному производству, механообрабатывающей части или по сборочному производству. Это позволяет проанализировать пропускную способность отдельных участков и найти так называемое узкое место, которое лимитирует производственные возможности предприятия.

Третьим режимом работы программной системы является минимизация передачи заказов на изготовление другим предприятиям при обеспечении максимальной загрузки предприятия для выполнения заданного объема производства за планируемый период.

Во всех режимах работы программной системы решаются соответствующие оптимизационные задачи, в рамках которых обеспечена возможность управления получаемыми результатами с помощью дополнительных ограничений. В качестве таких управлений можно задавать ограничения по объемам производства в различных номенклатурных группах. Ограничения могут быть как прямыми, так и функциональными [4]. Кроме этого, предусмотрены управления по передаче отдельных элементов на изготовление другим предприятиям. При этом возможно управление как качественное, т. е. полное исключение отдельного элемента из собственного производства, так и количественное, при котором указывается конкретное число деталей, которое будет передано другому предприятию. Имеется возможность передачи другому предприятию только отдельной операции, выполнение которой собственными силами невозможно.

Все указанные режимы являются полностью независимыми и могут выполняться параллельно различными исполнителями под полным контролем руководителя работ. Все варианты анализа являются доступными для просмотра и документирования. При анализе результатов предоставляется информация об объемах производства по всем номенклатурным группам, по коэффициентам загрузки оборудования и о том, какая операция на нем выполняется. Данная информация может быть сгруппирована по отдельным участкам или даже по отдельным единицам оборудования, загрузка которых представляет особый интерес. Информация представляется в табличном и/или в графическом видах. Графическое представление более наглядно и с его помощью понятно в какой степени оборудование задействовано в производстве соответствующих номенклатурных групп. После всеобъемлющего анализа принимается окончательное решение по организации производства на планируемый период.

Особое внимание уделено моделированию заготовительного производства. Его функционирование не встроено в технологические цепочки изготовления деталей и сборки узловых элементов конструкции производимых изделий. В связи с этим оно является самостоятельной частью, целью которого является обеспечение производства необходимыми заготовками в требуемом количестве. Его оторванность от основного производства нарушает линейность математической задачи и требует применения нелинейных методов решения оптимизационной задачи, которые отличаются высокими вычислительными затратами на поиск решения. В рамках известных подходов использования более быстрых линейных методов решение задачи оптимизации необходимо проводить в виде отдельных этапов для заготовительного и основного производств. Однако такой подход разрывает логику анализа, делает ее более сложной и трудоемкой. В рамках данной разработки удалось найти такую вычислительную схему, в рамках которой обе математические модели объединены в одну без нарушения линейности. Найденное решение позволяет упростить логику решения и сократить затраты времени на получение результатов моделирования.

Все проведенные исследования и разработки позволяют с использованием созданной программной системы проводить проектирование оптимальной организации производства, обладающей высокой эффективностью и обеспечивать предприятию прибыльность его функционирования.

Список литературы:

1. Новицкий, Н. И. Организация и планирование производства: практикум / Н. И. Новицкий. – Мн.: Новое знание, 2004. – 256 с.
2. Новиков, А. И. Исследование операций в экономике: учебник для бакалавров / А. И. Новиков. – 2-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2020. – 352 с.
3. Исследование операций и методы оптимизации. Часть 1. Лекционный курс. Составитель А. А. Мицель. – Томск: Изд. ТУСУР, 2019. – 167 с.
4. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В. П. Тарасик. – Мн.: Новое знание, 2013. – 584 с.