



ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ С КОНВЕЙЕРНОЙ СБОРКОЙ ИЗДЕЛИЙ

Е.Н. Хоботов, М.А. Ермолова (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Е.Е. Дудников (ИПУ РАН)

Рассматриваются методы построения согласованных планов и расписаний изготовления комплектующих для всех производственных подразделений предприятий с конвейерной сборкой выпускаемых изделий, а также планирования их транспортировки между этими подразделениями для продолжения обработки.

Ключевые слова: планирование, теория расписаний, конвейерная сборка изделий, решающие правила, методы агрегирования, транспортировка комплектующих, обрабатываемое оборудование.

Введение

В работе [1] для планирования и построения расписаний работ на уровне предприятий был предложен подход, использующий агрегирование информации. Под планами и расписаниями работ на уровне предприятий здесь понимаются такие планы, в которых будут согласованы между собой работы, выполняемые во всех производственных подразделениях предприятия. Необходимость планирования и построения расписаний работ на уровне предприятий вызвана тем, что из планов работ отдельных систем и участков, пусть и весьма удачных, не всегда удается сформировать даже удовлетворительные планы работы предприятий [2–4].

Построение удачных планов и расписаний работ во многих случаях позволяет заметно повышать эффективность работы промышленных предприятий и способствует укреплению их финансового положения.

К предприятиям, для которых за счет использования характерных особенностей производства с помощью методов планирования и построения расписаний удастся заметно повышать эффективность работы, относятся машиностроительные предприятия с конвейерной сборкой выпускаемых изделий.

В данной работе рассматриваются методы, позволяющие строить согласованные планы и расписания изготовления комплектующих деталей и узлов на всех производственных подразделениях предприятий с конвейерной сборкой выпускаемых изделий, планировать транспортировку заготовок и деталей между производственными подразделениями.

Задачи построения расписаний

Рассмотрим задачу планирования и построения расписаний работ по изготовлению и транспортировке комплектующих между производственными подразделениями предприятий.

Пусть на машиностроительном предприятии, в состав которого входит M производственных подразделений, используемых для обработки комплектующих, имеется конвейер для сборки выпускаемых изделий L типов. В состав изделия l -го типа ($l=1, \dots, L$) входит n_{jl} комплектующих j -го типа ($j=1, \dots, \tilde{N}_l$). Для каждой комплектующей детали любого изделия известно

оборудование, которое используется для его обработки, последовательность и время обработки на этом оборудовании, а также время переналадки используемого оборудования для обработки деталей всех типов. Известно также число рабочих мест на конвейере и такт его движения при сборке изделий всех типов.

После завершения обработки комплектующих на одном участке они транспортируются на другие участки для продолжения сборки. Транспортировка комплектующих деталей и узлов между участками в процессе их изготовления может производиться с помощью K типов транспортных средств, которые рассчитаны на перевозку различного числа деталей. Для каждого транспортного средства определено число деталей, более которого это средство не может перевести за один рейс. Время движения транспортного средства k -го типа ($k=1, \dots, K$) при перевозке деталей от склада i -го участка до склада j -го участка и обратно равно t_{ij}^k . Время погрузки и разгрузки транспортного средства k -го типа равно τ^k .

Требуется построить согласованное расписание обработки комплектующих на каждом производственном участке предприятия, а также расписания транспортировки деталей между подразделениями предприятия, чтобы сократить время изготовления заданного числа изделий определенных типов.

Принципы построения планов и расписаний работ

Сборка изделий, выпускаемых на конвейерах, обычно производится партиями, размеры которых не должны превышать определенных величин. Сборка любой партии изделий начинается после доставки на каждое рабочее место конвейера определенного числа комплектов комплектующих.

Ограничения на размеры собираемых партий изделий вызваны тем, что изготовление большого числа комплектующих требует значительного времени и может привести к недопустимому времени простоя конвейера в ожидании их готовности. Кроме того, хранение большого числа комплектующих на рабочих местах конвейера вызовет значительные проблемы. Поэтому даже изделия одного типа при их значительном числе собираются партиями, размеры которых не превышают определенной величины. Пока на конвейере собираются

изделия одной партии, на производственных подразделениях предприятия изготавливаются комплектующие для следующей партии.

Для обеспечения ритмичной работы предприятия желательно изготавливать и доставлять комплектующие на конвейер для сборки следующей партии изделий к моменту завершения его переналадки, если будут собираться изделия другого типа. Если будет продолжен выпуск изделий того же типа, то изготовление и доставку комплектующих на конвейер следует завершать до момента запуска на сборку последнего изделия из предыдущей партии. Если к этим моментам времени изготовление и доставку комплектующих на рабочие места завершить не удастся, то конвейер будет простаивать в ожидании их доставки. Время такого ожидания целесообразно по возможности сокращать.

Этому будет способствовать построение расписания работ по изготовлению комплектующих, в котором требуется минимизировать время их изготовления.

В [1] для построения расписаний работ на предприятиях, в состав которых входит несколько производственных подразделений, был предложен подход, использующий идею агрегирования информации. Эта идея заключается в формировании таких групп деталей, в которых каждая деталь группы обрабатывается в одном порядке на одних и тех же производственных подразделениях предприятия. Причем любая деталь группы в подразделении предприятия может обрабатываться по «своему» технологическому маршруту. Группы деталей рассматриваются как обобщенные детали, а производственные подразделения — как обобщенные станки. Тогда задачу построения расписания по обработке указанных групп деталей на предприятии можно представить [1–3] как задачу построения расписания обработки обобщенных деталей на обобщенных станках и использовать для этого традиционные методы построения расписаний [5–6].

Изготовление комплектующих группами, сформированными в соответствии с указанными выше принципами, оказывается весьма полезным, так как позволяет не только строить согласованное расписание работ по производству комплектующих для всех подразделений предприятия, но и организовывать эффективную транспортировку деталей между производственными подразделениями предприятия.

Возможность организации их эффективной транспортировки возникает благодаря тому, что после завершения обработки в одном подразделении все детали каждой группы должны быть доставлены для продолжения обработки в какое-то одно подразделение согласно маршруту обработки этой группы.

Для сокращения времени и повышения эффективности использования транспортных средств транспортировку комплектующих целесообразно начинать, когда они могут быть перевезены без перерывов на ожидание завершения обработки каких-либо из них. Время завершения обработки каждой группы комплектующих в любом производственном подразделении мож-

но определить только по построенному расписанию изготовления комплектующих.

Для комплектующих каждого типа известно число, которое можно разместить на одном поддоне или паллете, предназначенной для их хранения и транспортировки. Поэтому, зная типы имеющихся на предприятии транспортных средств, их число, грузоподъемность, а также значения времени их движения между производственными подразделениями предприятия и значения времени их погрузки и разгрузки можно строить расписание транспортировки комплектующих между подразделениями предприятия. Построение расписаний транспортировки позволит не только сократить время доставки комплектующих на обработку, но и более эффективно использовать транспортные средства предприятия.

В условиях традиционного изготовления комплектующие после завершения обработки в одном подразделении могут поступать для продолжения обработки в разные производственные подразделения. Поэтому их эффективную транспортировку организовать весьма сложно, не говоря уже о построении расписания их перевозки. Это, по-видимому, является одной из важнейших причин того, что в мелкосерийном производстве детали только около 10% времени находятся в обработке, а остальные 90% пролеживают на складах производственных участков предприятия в ожидании доставки к станкам и на другие участки для продолжения их изготовления или транспортируются [7].

Пересчет расписаний работ на предприятиях с конвейерной сборкой изделий

Особенности производства на предприятиях с конвейерной сборкой выпускаемых изделий в ряде случаев позволяют существенно сократить затраты и время на построение расписаний работ по изготовлению комплектующих.

Дело в том, что изделия на предприятиях с конвейерной сборкой обычно собираются партиями, размеры которых зависят от величины поступившего заказа или спроса на продукцию, но ограничены сверху возможностями предприятия по хранению комплектующих на конвейере в процесс сборки соответствующих изделий.

При изменении объемов заказа не меняется состав комплектующих изделий каждого типа и технология их изготовления, а меняются объемы партий комплектующих разных типов, причем пропорционально числу производимых изделий.

Наиболее эффективными методами для построения расписаний работ в производственных подразделениях, системах и участках являются методы, основанные на использовании решающих правил [5–6]. В этих методах определяется порядок запуска деталей на обработку, и на основе этого порядка строится расписание обработки комплектующих.

Определение порядка запуска деталей на обработку в решающих правилах производится на основе сравнения подлежащих обработке партий комплектующих

по числу и типам используемого для обработки оборудования, по технологическим особенностям их обработки, связанным со временем переналадки используемого оборудования и потребностью в технологической оснастке, а также по времени их обработки [5–6].

Выбор порядка запуска деталей на обработку в этих правилах по числу и типам используемого для обработки оборудования и по технологическим особенностям обработки партий комплектующих не зависит от размеров партии изготавливаемых изделий. Время обработки партий комплектующих зависит от размеров обрабатываемых партий и пропорционально числу деталей в партиях.

Рассмотрим случай, когда во всех производственных подразделениях предприятия имеется оборудование различных типов, время переналадки оборудования для обработки комплектующих любых типов мало по сравнению со временем обработки их партии и им можно пренебречь.

Если для выбора порядка запуска деталей на обработку в решающих правилах производится сравнение времени изготовления партий комплектующих различных типов, то можно показать, что при выполнении указанных выше условий этот порядок не будет зависеть от размера партий комплектующих.

Действительно, пусть в составе производственного подразделения предприятия имеется m станков разных типов и в этом подразделении производится обработка комплектующих для сборки N_{il} изделий l -го типа, а на k -м станке по некоторому решающему правилу партия деталей i -го типа обрабатывается перед комплектующими j -го типа.

Если в решающем правиле для определения порядка обработки партий комплектующих не используется время их обработки, то и расписание обработки по этому правилу не будет зависеть от размера партии изготавливаемых изделий.

Рассмотрим случай, когда в решающем правиле порядок обработки партий комплектующих формируется на основе сравнения времени их обработки. Возможны следующие варианты:

1. $N_{il}n_{ij}\tau_{kil} \geq N_{il}n_{jl}\tau_{vjil}$ или $N_{il}n_{ij}\tau_{kil} \leq N_{il}n_{jl}\tau_{vjil}$ для времени обработки i -й и j -й партий комплектующих, которые предназначены для сборки партии изделий l -го типа, соответственно на k -м и v -м обрабатывающем оборудовании в производственном подразделении предприятия.

$$2. \sum_{k \in K_{il}} N_{il}n_{ij}\tau_{kil} \geq \sum_{v \in K_{jl}} N_{il}n_{jl}\tau_{vjil} \text{ или } \sum_{k \in K_{il}} N_{il}n_{ij}\tau_{kil} \leq \sum_{v \in K_{jl}} N_{il}n_{jl}\tau_{vjil}$$

для оставшегося времени обработки в подразделении предприятия i -й и j -й партий комплектующих, которые предназначены для сборки партии изделий l -го

типа. Здесь τ_{kil} — время обработки i -й партии комплектующих изделий l -го типа и на k -м станке.

Из этих неравенств видно, что их правая и левая части могут быть сокращены на N_{il} , и их выполнение не будет зависеть от размера партий собираемых изделий.

Обычно при построении расписаний с использованием решающих правил для каждого правила (обычно их бывает 10...25 ед.) строится свое расписание, из которых потом выбирается лучшее в соответствии с заданным критерием.

Таким образом, полученный результат позволяет (для предприятий, удовлетворяющих указанным условиям) при построении расписаний изготовления комплектующих с помощью решающих правил, которые обладают отмеченными свойствами, не определять заново порядок обработки партий комплектующих при изменении заказа на сборку изделий, а использовать определенный ранее лучший порядок обработки.

Заключение

Организация производства, когда изготовление комплектующих производится группами, которые формируются в соответствии с указанными выше принципами, позволяет не только строить согласованное расписание работ по производству комплектующих для всех подразделений предприятия, но также и организовывать эффективную транспортировку деталей между этими подразделениями. Для некоторых предприятий с конвейерной сборкой изделий на основе полученных в статье результатов удастся значительно сократить время построения расписаний изготовления комплектующих при изменении объема заказа на сборку производимых изделий.

Список литературы

1. Хоботов Е.Н. О некоторых моделях и методах решения задач планирования в дискретных производственных системах // Автоматика и телемеханика. 2007. №12.
2. Сидоренко А.М., Хоботов Е.Н. Агрегирование при планировании работ на машиностроительных предприятиях // Теория и системы управления. 2013. № 5. С. 132-144.
3. Ларина Е.А., Сидоренко А.М., Хоботов Е.Н. Выбор порядка сборки узлов и агрегатов при планировании работ на предприятиях с дискретным характером производства // Проблемы управления. 2013. № 3. С. 71-77.
4. Сидоренко А.М., Хоботов Е.Н. Планирование производств с параллельной сборкой изделий. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2009. № 3.
5. Зак Ю.А. Прикладные задачи теории расписаний и маршрутизации перевозок. М.: Книжный дом «Либроком». 2011.
6. Bruker P. Scheduling Algorithms. Springer. 2007.
7. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение. 2005.

Дудников Евгений Евгеньевич — д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник ИПУ РАН,

Ермолова Мария Алексеевна — аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Хоботов Евгений Николаевич — д-р техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Контактный телефон (915)096-34-22.

E-mail: e_khobotov@mail.ru