

Особенности организации поточного производства

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»*

Рассмотрены особенности поточной формы организации авиационного производства, а также методика формирования заделов деталей, обрабатываемых на поточной линии. Приведены условия возможности организации поточной линии за счет определения минимального объема выпуска изделий.

Показаны перспективы реорганизации поточного производства путем использования многооперационных станков с ЧПУ и робототехнических комплектов.

Ключевые слова: поточное производство, ритм выпуска, задел деталей, робототехнический комплекс с ЧПУ.

Введение

В технологии и организации выпуска новых изделий в авиастроении принято различать три основных типа производства: единичное, серийное и массовое. При единичном производстве выпускают несколько изделий в течение определенного времени (например, в месяц, в квартал или год) – это, как правило, крупные и сложные изделия: самолеты, мощные прессы, специальные станки и т.п. Серийное производство характерно для выпуска изделий определенными сериями или партиями. При массовом производстве выпускают однотипные изделия в больших количествах в течение длительного времени [1], [5].

По методам организации различают непоточное и поточное производство. При непоточном методе изделия изготавливают партиями, а станочное оборудование размещают группами без учета последовательности выполнения операции, т.е. партии деталей обрабатывают на каждом станке в произвольном порядке [2], [3].

При поточном методе операции обработки закрепляются за определенным оборудованием, которое размещают в порядке выполнения операций, при этом обрабатываемая деталь передается с одного станка на другой сразу после выполнения предыдущей обработки.

Следует отметить, что для передачи обрабатываемого изделия от одного станка на другой станок, как правило, используются специальные транспортные устройства.

При непоточном производстве цикл обработки изделий включает время на обработку, транспортирование и хранение деталей на промежуточных складах.

Суммарная трудоемкость T_{Σ} изготовления деталей определяется как сумма:

$$T_{\Sigma} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_k = \sum_{i=1}^k t_i \quad (1)$$

где $t_1, t_2, t_3, \dots, t_k$ – нормированное время на каждую операцию при количестве операций n , равном от 1 до k .

Определение величины задела деталей

Обозначим число поставок деталей в промежуточные склады величиной k ; длительность одной процедуры транспортирования деталей от станков в

промежуточный склад и обратно - через T_T ; время хранения деталей на складе - через T_C ; время на смену и наладку инструмента и станка - T_H ; количество процедур транспортирования деталей – $(2k + 1)$, поскольку это количество в 2 раза больше числа завозов в промежуточные склады плюс одну процедуру транспортирования деталей на сборку. Тогда длительность производственного цикла изготовления партии деталей в непоточном производстве будет определяться выражением:

$$T_{ц} = T_H + T_C \times k + T_T (2k + 1) . \quad (2)$$

При поточном производстве через определенные промежутки времени, называемые ритмом, выдается одно изделие. Т.е. ритмом R называют величину

$$R = \frac{T}{Q} , \quad (3)$$

где T – время; Q – число изделий, выпускаемых за время T .

Таким образом для поточного производства необходимо обеспечить синхронизацию операций, т.е. выполнить условие, при котором длительность операций должна быть равной или кратной ритму, хотя выполнение данного условия может привести к некоторому увеличению трудоемкости обработки.

Вместе с тем установлено, что цикл изготовления детали, в поточном производстве, равный станкоемкости ее обработки, в десятки раз короче цикла ее изготовления в непоточном производстве [2].

Для бесперебойной работы поточных линий необходимо иметь определенный задел деталей. Этот задел определяется количеством рабочих мест и находится в прямой зависимости от размера партии деталей.

Задел деталей на поточной линии включает детали, находящиеся в обработке на всех рабочих местах, а также межоперационный задел деталей, определяемый величиной времени, которое необходимо для замены и регулирования затупившегося режущего инструмента и наладку станка. В полный задел также включается количество еще необработанных деталей, а также число готовых деталей в конце поточной линии. Таким образом величина минимального задела O_3 на линии может быть рассчитана следующим образом:

$$O_3 = \sum_1^p n + \frac{1}{R} \sum_1^p T_H + \frac{2T}{R} , \quad (4)$$

где p – количество рабочих мест на поточной линии;

n – количество одновременно обрабатываемых деталей на конкретном рабочем месте;

T – время, на которое поточная линия должна быть обеспечена заготовками, требующими обработки.

Опыт многих предприятий показывает, что величина задела деталей при непоточном производстве в десятки раз превосходит задел при поточном производстве того же масштаба.

При организации поточного производства должны соблюдаться следующие условия:

– рабочие места (станки) должны размещаться в порядке последовательности выполнения операций техпроцесса;

– количество рабочих мест на каждой операции должно обеспечивать передачу деталей на последующую обработку через равные или кратные друг другу промежутки времени, называемые ритмом.

Перечисленные условия, как правило, характерны для крупносерийного и массового производства изделий машиностроительной отрасли, для которых характерны сложность конструктивных форм и широкая номенклатура габаритных размеров.

Доказано, что при внедрении поточного метода улучшаются экономические показатели прежде всего за счет повышения производительности, поскольку за рабочими поточной линии закрепляются определенные повторяющиеся операции.

Кроме того, при поточном производстве значительно упрощается производственный учет, а планирование сводится к систематической ритмичной подаче деталей к началу поточной линии без уменьшения их количества ниже минимального межстаночного задела.

Снабжение инструментом станков поточной линии также имеет свои особенности. Поскольку станки на поточной линии длительное время используются для выполнения одних и тех же операций, следовательно, для них применяются одни и те же инструменты, которые фактически закрепляются за определенными деталями и операциями. Вместе с тем на производственном участке должен находиться в необходимом количестве и специальный инструмент, используемый только для определенных деталей, а что касается универсального инструмента, то для поточной линии его необходимо иметь два – три комплекта. Существенно отличается организация технического контроля, при этом контрольные операции на потоке включаются в структуру технологического процесса, для чего поточная линия комплектуется как обычным так и специальным мерительным инструментом.

Более высокая эффективность использования поточных методов объясняется в первую очередь тем, что на потоке применяется высокопроизводительное оборудование, а межоперационные потери сведены к минимуму.

Целесообразность использования более высокопроизводительного оборудования подтверждается соотношением

$$QZ_3 \geq K_{ст}, \quad (5)$$

где Z_3 – экономия на заработной плате, получаемая при обработке одной детали на высокопроизводительном станке;

Q – количество деталей, обрабатываемых на станке за период его службы;

$K_{ст}$ - затраты на приобретение высокопроизводительного станка.

Определение минимального объема выпуска

Объем выпуска продукции для организации поточного производства зависит от трудоемкости и сложности изделий, а также конкретных производственных условий. Однако в любом случае себестоимость изготовления деталей на потоке должна быть меньше, чем при их изготовлении непоточными методами.

В общем случае зависимость между себестоимостью C и количеством изделий Q , обрабатываемых на потоке, можно выразить соотношением:

$$CQ = AQ + B, \quad (6)$$

где A – переменные издержки на изделие;

B – условно-постоянные затраты на обрабатываемую партию.

Известно, что к нормируемым на одну деталь переменным издержкам относятся стоимость материала, покупных изделий, энергии, заработная плата производственных рабочих и др. Условно-постоянные расходы не зависят от объема производства и включают амортизационные отчисления, заработную плату инженерно-технических работников, затраты на эксплуатацию заданий и электроэнергию для осветительных и других потребностей.

Зависимость между себестоимостью и объемом выпуска можно ориентировочно оценить с помощью выражения, вытекающего из уравнения (6):

$$C = A + \frac{B}{Q} \quad (7)$$

Из выражения (7) следует, что с увеличением объема выпуска, доля условно-постоянных расходов, приходящихся на одну деталь, сокращается и составляет незначительную часть величины A .

Оптимальным для организации поточного производства следует считать такой объем, когда ритм выпуска равен средней длительности большинства технологических операций, выполняемых на наиболее высокопроизводительном оборудовании потока. Таким образом при незначительных объемах выпуска организация поточного производства нецелесообразна.

Оптимальный объем выпуска изделий Q_c на поточной линии определяется по ритму выпуска

$$Q_c = \frac{T}{R} = \frac{T}{t_{cp}}, \quad (8)$$

где T – расчетное время; R – ритм выпуска: t_{cp} – средняя станкочасовая норма операции.

С другой стороны суточный выпуск Q_c , станкочасовая норма операции и количество оборудования, необходимого для выпуска деталей, связаны уравнением

$$Q_c \times t = f n \eta, \quad (9)$$

где t – станкочасовая норма операций; f – расчетный фонд рабочего времени станка в течении суток; n – количество станков; η – средний коэффициент загрузки станков.

Минимальный выпуск деталей на поточной линии будет возможным при условии выполнения на одном станке одной операции, при этом уравнение (9) примет вид

$$Q_c t = f \eta \quad (10)$$

Для поточных линий характерным показателем является средняя станкочасовая норма основных операций t_0 , определяемой как среднее значение всех станкочасовых норм основных операций обработки:

$$t_0 = (t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_z) \times \frac{1}{z} = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^z t_i, \quad (11)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, z$ – количество основных операций (станков) на поточной линии.

Соотношение между минимальным выпуском Q_m , средней станкочасовой нормой t_{cp} и количеством станков n можно записать как:

$$f n \eta = Q Z t_{cp} = (t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_z) Q_m = \sum_{i=1}^z t_i \times Q_m, \quad (12)$$

где $n = z$.

Обычно на поточной линии производят объединение некоторых операций, тогда общее количество станков и операций сократиться на число m , т.е. величина n будет равна $n = z - m$. С учетом этого условия уравнение (12) приводиться к виду

$$f\eta(z-m) = QZt_{cp} = Q_M(t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_{z-m}) = Q_M \sum_{i=1}^{z-m} t_i. \quad (13)$$

Из уравнения (13) определяется минимальный объем выпуска изделий, необходимый для организации поточной линии:

$$Q_M = \frac{f\eta(z-m)}{Zt_{cp}} = \frac{f\eta(z-m)}{\sum_{i=1}^{z-m} t_i} = \frac{f \times \eta}{t_{cp}}, \quad (14)$$

В заключение следует подчеркнуть, что в современных экономических условиях организация поточных линий механической обработки изделий не является оправданной, поскольку резко сократились объемы производства и годовые программы выпуска. В этом случае целесообразным является использование многооперационных станков, позволяющих на одном рабочем месте (например на обрабатывающем центре с ЧПУ) изготавливать несколько разнообразных деталей сложной конструкции, при этом для установки, переустановки по ходу техпроцесса и снятию обработанных изделий рекомендуется использовать роботы – манипуляторы.

Более высокая стоимость упомянутого оборудования будет компенсирована сокращением производственных площадей, уменьшением числа производственных рабочих повышением качества обработки и другими положительными факторами.

Естественно, что отмеченные варианты требуют более глубокого технико-экономического обоснования, что является предметом дальнейших исследований.

Вывод

В статье систематизирована методика расчета параметров поточных линий механической обработки деталей авиационного производства. Приведена методика расчета минимального задела деталей при организации потока. С учетом современных условий предложено традиционные поточные линии заменить многооперационными станками с ЧПУ, оснащенным робототехническими устройствами для установки заготовок и снятия обработанных изделий.

Список литературы

1. Парамонов Ф.И. Математические методы расчета многономенклатурных потоков. – М., «Машиностроение», 1964, с 236.
2. Говоров И.Д. Механизация и автоматизация технологических операций обработки деталей из реактопластов. М., «Машиностроение», 1973 –192 с.
3. Смирнов С.В. Механизация расчетов норм времени в машиностроении. М., «Машиностроение», 1976, 88 с.

4. Проектування технологічних процесів обробки деталей на верстатах с ЧПУ/В.П. Божко – Навч.посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Харків: Харк.авіац. і-нт-1997-131с.

5. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ.ред. А.А. Панова. Н М.; Машиностроение. 1998 –736 с.

6. Нормирование технологических процессов на основе интервальных оценок основного времени обработки. – Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб.науч.тр. – Х.: Нац.аерокосм. ун-т «ХАИ», 2013 – вып. 58. – с 27-33.

Поступила в редакцию 22.03.2017

Особливості використання потокового виробництва

Розглянуто особливості потокової форми організації виробництва, також методика формування заділів деталей на потоковій лінії. Наведено умови можливості організації потокової лінії шляхом визначення мінімального обсягу виробництва за рахунок використання багатоопераційних верстатів з числовим програмним управлінням та робото технічних комплексів.

Ключові слова: потокове виробництво, ритм випуску, заділ деталей, робото технічний комплекс з числовим програмним управлінням.

Features of the Line Production

The features streaming forms of organizing production and method of forming backlog of parts on the production line. Specifications for the possibility of the production line by determining the minimum output through the use of numerical program control multioperational machine tools and robotic complexes.

Keywords: mass production, not mass production, the rhythm of production, reserve parts of the technical complex with numerical program control.

Сведения об авторах:

Божко Валерий Павлович – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой финансов. Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина. Контактная информация 788-46-04, +380974271501.

Божко Дмитрий Валерьевич – канд. техн. наук, ст. научный сотрудник. Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина. Контактная информация 315-11-57.

Кононенко Антонина Викторовна – канд. техн. наук, доцент кафедры менеджмента. Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина. Контактная информация 788-46-02.