

Организационно-экономические методы повышения производительности в авиационном производстве

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Рассмотрена проблема повышения производительности технологических процессов с помощью организационных методов, при этом подробно описана методика определения очередности запуска деталей в обработку или их подачи на сборку. Это позволяет уменьшить длительность производственного цикла.

Ключевые слова: поточное производство, ритм поточной линии, очередность обработки, цикл обработки.

В период, когда отечественное самолетостроение обеспечивало ежегодный выпуск до 100-120 самолетов среднего класса (против 2-х – 3-х машин в год в 2005-2010 гг.) основной организационной формой как в заготовительно-обрабатывающем так и в сборочном производстве была поточная форма, присущая серийному и массовому масштабам выпуска.

При этом технологические процессы разрабатывались подробно по всем операциям, использовались специальное технологическое оборудование и оснастка, а производственный персонал легко адаптировался к новым технологиям и средствам производства, в том числе к станкам с ЧПУ и гибким производственным комплексам.

В этих условиях требовалась четкая синхронизация длительности обработки на каждом рабочем месте и обеспечение заданной межоперационной передачи изделий.

В настоящее время основным видом технологического оборудования в механических цехах являются станки с программным управлением в том числе многооперационные, а также гибкие производственные комплексы, на которых можно выполнить практически полную обработку детали (за исключением некоторых финишных и отделочных операций).

Повышение производительности всегда было основной целью при разработке техпроцессов и являлось основным критерием их эффективности. Мероприятия по повышению производительности подразделяются на производственные и организационные. Производственные методы связаны непосредственно с рабочим местом, т.е. технологической операцией. К ним относятся повышение режимов обработки (чисел оборотов, подач, снимаемых припусков) совмещение переходов, одновременная обработка нескольких деталей, использование быстродействующих зажимных устройств и т.п.[1].

При использовании станков с ЧПУ и робототехнических комплексов все отмеченные методы используются в полной мере, а с применением высокоскоростного резания (числа оборотов шпинделя могут достигать 60 тыс. оборотов в минуту) способов уменьшения длительности обработки непосредственно при формообразовании практически не осталось.

Таким образом основным резервом повышения производительности в настоящее время следует считать организационно-экономические решения, связанные с межоперационной транспортировкой заготовок, уменьшением межоперационного пролеживания деталей и простоя станков, определение оптимальной очередности запуска деталей в обработку и т.п.

В сборочном производстве, где возможности автоматизации существенно ограничены, организационные методы приобретают еще большее значение.

Рассмотрим подробнее один из организационных методов сокращения длительности производственного процесса, а именно определение оптимальной очередности запуска деталей в обработку или подачу их на сборку.

Основополагающими трудами в этой области являются работы Бойцова В.В., Митрофанова С.П. Парамонова Ф.И. и других. Особо следует отметить исследования Ф.И. Парамонова, разработавшего математические методы расчета многономенклатурных потоков.

Вместе с тем известные методы требуют дальнейшего совершенствования и развития в связи с современными реалиями. К ним относятся практически полное обновление станочного парка на основе широкого использования станков с ЧПУ, обрабатывающих центров и РТК. Кроме того требует полного обновления система компьютерного сопровождения (известные методы базируются еще на использовании такой техники как ЭЦВМ «Минск 22»). Кроме того, практически отсутствуют рекомендации по расчету поточных методов для сборочных процессов.

Сущность методики определения очередности запуска деталей в обработки

Поточной формой организации производства в общем случае является такая ее форма, при которой технологическое оборудование (станки, прессы и т.п.) размещаются в порядке последовательности выполнения технологических операций, а его количество на каждой операции выбирается таким, чтобы изделие передавалось с одного рабочего места на другое через равные или кратные друг другу промежутки времени, называемые ритмом.

Известно, что ритм поточной линии рассчитывается по формуле [2]:

$$R = \frac{\Phi_d}{N}, \quad (1)$$

где R – ритм работы поточной линии, мин;

Φ_d – действительный фонд времени работы поточной линии, мин;

N – программа выпуска деталей или сборочных единиц на поточной линии в заданный плановый период (месяц, квартал, год), шт.

Действительный фонд времени определяется исходя из заданного режима работы линии, продолжительности планового периода и рабочего дня, количества нерабочих дней в плановом периоде и других факторов.

Например, при двухсменном режиме работы с продолжительностью рабочего дня 8 часов действительный фонд времени работы поточной линии будет составлять

$$\Phi_d = [365 - (52 \cdot 2 + 8)] \cdot 2 \cdot 8 = 4048 \text{ часов}$$

Если годовая программа будет составлять, например, 12144 изделий, то нерегламентированный (свободный) ритм такой поточной линии составляет

$$R = \frac{4048 \cdot 60}{12144} = 20 \text{ мин}$$

Наряду с нерегламентированным ритмом может предусматриваться регламентированный ритм, при расчете которого в формуле (1) учитываются перерывы на отдых производственных рабочих и другие потери.

При организации многопредметных поточных линий, на которых периодически обрабатываются (собираются) комплекты различных изделий, необходимо проведение синхронизации технологических процессов для обеспечения единого

ритма их обработки (сборки). Особенно важна эта процедура при проведении сборочных работ.

При синхронизации техпроцессов возможны три основных варианта соотношений времени, потребного для выполнения операции и обеспечения заданного ритма работы потока.

Первый вариант имеет место в случае, когда длительность технологической операции обработки или сборки равна или кратна ритму поточной линии. Для этого варианта специальные организационно-технические мероприятия не проводятся. Если длительность операции кратно больше ритма поточной линии, то для такой операции предусматривается несколько рабочих мест, обеспечивающих выпуск изделий через промежутки времени, равные ритму.

Второй вариант может иметь место в случаях, когда длительность операции некратно больше ритма. При этом необходимо осуществление соответствующих организационно-технических мероприятий, например, путём использования более производительного оборудования или оснастки, а также возможностей дифференциации или, наоборот, концентрации операций на некратно местах потока.

Третий вариант возможен в случае, если длительность операции обработки или сборки меньше ритма поточной линии. В этом варианте несколько операций можно сконцентрировать в одну, т.е. применить особенности первого варианта.

Синхронизация техпроцессов, обеспечивающая заданный ритм, реализуется за счёт использования на соответствующих операциях необходимого количества исполнителей, работающих одновременно. Поэтому при формировании объёмов работ учитывается необходимость их синхронизации, при этом, например, для сборочных операций количество исполнителей назначают таким образом, чтобы обеспечить максимальные удобства в работе каждому из них, исключая возможные взаимные помехи.

Одной из важных задач при поточных методах является определение очередности запуска деталей в обработку на станках или их подачи на сборку (это же касается не только сборки узлов, но и агрегатов, а также общей сборки изделий).

Данная задача обусловлена тем, что при произвольной очередности запуска деталей в обработку (подачи на сборку) длительность цикла обработки деталей на потоке всегда будет большей, чем при оптимальной очередности их запуска. В данном случае сказывается необходимость синхронизации операций и обеспечение минимальных затрат времени на их межоперационное ожидание.

Рассмотрим методику определения очередности запуска деталей в обработку на поточной линии механической обработки, составленную из металлорежущих станков, общего назначения, изложенную в [2,3].

Общая продолжительность времени обработки партии деталей $T_{ц}$ можно определить по формуле:

$$T_{ц} = \sum_{j=1}^{m-1} a_j + \sum_{i=1}^k t_i \cdot n_i, \quad (2)$$

где a_j – величина смещения (пролеживания) между каждой частной парой рабочих мест, мин;

m – число рабочих мест на поточной линии;

$t_i n_i$ – время обработки i -й партии деталей на последнем рабочем месте потока, мин;

k – величина комплекта деталей.

Суммарная величина смещения a_j складывается из двух составляющих:

$$\sum_{j=1}^{m-1} a_j = \sum_{j=1}^{m-1} b_j + \sum_{j=1}^{m-1} c_j, \quad (3)$$

где b_j – величина смещения для каждой связанной пары рабочих мест:

$$b_j = b_1 + b_2 + \dots + b_k; \quad (4)$$

где b_1, b_2, \dots, b_k – величины смещения на каждой паре связанных рабочих мест, определяемые неравенством времени обработки партии деталей соответственно первой, второй, третьей и т.д. очередей запуска.

Очевидно, что общую величину смещения по всей совокупности рабочих мест потока (т.е. суммарное смещение от первого до m -го рабочего места), можно представить в виде:

$$\sum_{j=1}^{m-1} b_j = \sum_{j=1}^{m-1} b_1 + \sum_{j=1}^{m-1} b_2 + \dots + \sum_{j=1}^{m-1} b_k. \quad (5)$$

Величина $\sum_{j=1}^{m-1} c_j$ определяется из условия, что одна и та же деталь не

может одновременно обрабатываться на двух рабочих местах (или подаваться на сборку в два различных приспособления).

Следует подчеркнуть, что рассматриваемую методику определения очередности запуска деталей в обработку или их подачи на сборку узла (агрегата) будет целесообразно использовать лишь при условии, когда очередность обработки или подача на сборку специально не оговаривается, т.е. может быть произвольной.

В противном случае, когда очередность обработки оговаривается в технологических картах или определяется технологией сборки, надобность в использовании этой методики отпадает.

Если есть необходимость определить очередность запуска в обработку или подачи деталей на сборку, осуществляется следующая процедура.

Вначале определяется деталь первой очереди запуска. При этом следует подчеркнуть, что величина смещения времени начала обработки каждой отдельно взятой детали вне ее связи с другими деталями на любой паре связанных рабочих мест определяется как разность между временем ее обработки на предыдущем и последующем рабочих местах.

Но величина смещения будет иметь место, если эта разность будет больше нуля (Рис. 1), (на рис. 2 показан случай когда $b_j=0$). На рис.1, 2 величины t_A' и t_A'' обозначают длительность обработки детали А на предыдущем и последующем рабочих местах соответственно.

Сущность расчета при определении детали 1-й очереди, запуска будет заключаться в последовательном определении суммы положительных разностей b_j по каждой детали на каждой паре связанных рабочих мест. Очевидно, что деталь, у которой сумма положительных разностей относительно 1-го рабочего места будет минимальной, должна быть запущена в обработку первой, т.к. она обеспечит минимальную составляющую в суммарной величине смещения $\sum_{j=1}^{m-1} b_j$.

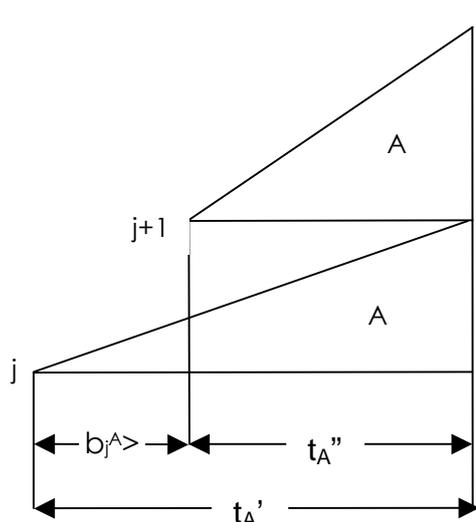


Рис. 1. Схема обработки детали А на j-м и (j+1)-м рабочих местах при $b_j^A > 0$

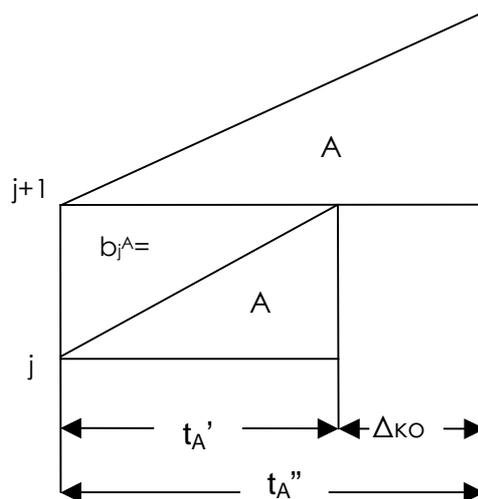


Рис. 2. Схема обработки детали А на j-м и (j+1)-м рабочих местах при $b_j^A = 0$

При определении детали второй очереди запуска необходимо принимать во внимание положительные разности времени обработки оставшихся деталей на оставшихся связанных парах рабочих мест с учетом компенсирующего влияния на них детали первой очереди запуска ($\Delta_{ко}$, рис. 2).

Для определения деталей третьей и последующих очередей запуска из оставшихся деталей выбирают те из них, которые дают минимальные приращения к величине смещения, вызываемые деталями 1-й и 2-й очереди запуска, при этом на величину этих приращений оказывают влияние положительные разности времени обработки ($t_i' - t_i''$) оставшихся деталей; «компенсаторы» деталей второй очереди запуска и остатки «компенсаторов» детали первой очереди запуска. Данная процедура повторяется для каждой детали поточной линии.

Ниже приведен пример использования данной методики для исходных данных, показанных в таблице 1 [5].

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Номер рабочего места	Детали							
	А		Б		В		Г	
	Номер операции	Длительность обработки партии, мин						
1	5	60	5	40	5	80	5	20
2	10	40	10	30	10	60	10	50
3	15	80	15	20	15	40	15	60
4	20	40	20	30	20	40	20	80
5	25	20	25	60	25	100	25	100

Таблица 2

Расчет суммы положительных разностей относительно первого рабочего места по связанным парам рабочих мест

Связанные пары рабочих мест	Детали							
	А		Б		В		Г	
	$t_A' - t_A''$	Сумма положительных разностей	$t_B' - t_B''$	Сумма положительных разностей	$t_B' - t_B''$	Сумма положительных разностей	$t_G' - t_G''$	Сумма положительных разностей
2-1	20	20	10	10	20	20	- 30	0
3-2	- 40	20	10	20	20	40	- 10	0
4-3	40	60	- 10	20	0	40	- 20	0
5-4	20	80	- 30	20	- 60	40	- 20	0

Поскольку деталь «Г» имеет минимальное значение суммы положительных разностей, то она должна быть первой запущена в обработку, т.к. обеспечивает минимальную составляющую в суммарной величине смещения $\sum_{j=1}^{m-1} b_j$ (формула 3).

Описанная процедура будет продолжаться до тех пор, пока не будет определена очередность запуска для всех деталей потока, начиная с детали «Г».

Результатом данных расчётов является построение в соответствии с выражением (2) циклограммы работы поточной линии. Более подробно данная методика изложена в [5], однако она требует дальнейшего совершенствования с учётом применения современных компьютерных технологий.

Что касается сборочных процессов, то особенности их организации являются предметом отдельного анализа.

Выводы

В статье рассмотрены примеры использования резервов повышения производительности процессов обработки деталей на металлорежущем оборудовании общего назначения. Поэтому анализ аналогичных проблем при обработке на станках с ЧПУ и РТК является актуальной задачей, требующей своего решения. К этой задаче непосредственно примыкают вопросы нормирования затрат труда не только на основных, но и на вспомогательных операциях, роль которых в роботизированном производстве возрастает.

Список литературы

- 1.Божко В.П. Проектування технологічних процесів обробки деталей на верстатах з ЧПУ.- Навч. посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів.[текст] – Харків: Харк. авіац. ін.-т, - 1997 - 131 с.
- 2.Парамонов Ф.И., Пасько В.П., Мыльник В.В. Организация поточного и автоматизированного производства: Тексты лекций. – М.: Изд-во МАИ, 1989. – 32 с.
- 3.Парамонов Ф.И. Математические методы расчёта многономенклатурных потоков. [текст] М., «Машиностроение», 1964

4.Парамонов Ф.И. Механизация и автоматизация управления серийным производством (на основе поточных методов организации труда). [текст] М., «Машиностроение», 1968, 280 с.

5.Божко В.П., Федоренко Н.М. Расчёт параметров малономенклатурных поточных линий механической обработки с использованием ЭВМ. Учеб. пособ. по курс. и дипл. проект. Харьков, ХАИ, 1978, 21 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.И. Костюк, Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 19.03.12

Організаційно-економічні методи підвищення продуктивності у авіаційному виробництві

Розглянуто проблему підвищення продуктивності технологічних процесів за допомогою організаційних методів. При цьому детально викладено методику визначення черговості запуску виробів у обробку або їх подання на складальні операції. Це дозволяє зменшити тривалість виробничого циклу.

Ключові слова: потокове виробництво, ритм потокової лінії, черговість обробки, цикл обробки.

Organizational and economic methods for improving performance in aircraft manufacturing

The problem of productivity processes using organizational methods. This detailed method of re-value products in order of starting treatment or representation of assembly operation. This reduces the duration of the production cycle.

Keywords: streaming production, rhythm production line, the order onopment, processing cycle.