

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТОЧНОЙ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ СБОРКЕ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В период динамичного развития отечественного авиастроения, когда количество выпускаемых самолетов составляло более 100 единиц в год, для управления производством широко использовались поточные методы организации труда. Они обеспечивали повышение производительности, улучшение использования технологического оборудования, сокращение длительности производственного цикла, уменьшение потребности в оборотных фондах и в конечном итоге снижение себестоимости продукции.

В свое время поточные методы получили широкое распространение в массовом и крупносерийном производстве, но в нынешних условиях эти способы находят ограниченное применение, хотя их достоинства не потеряли своего значения и для единичного и мелкосерийного масштабов выпуска продукции.

Основными особенностями современного авиастроения является применение станков с ЧПУ, робототехнических комплексов и автоматизированных технологических линий, управляемых с помощью компьютерных систем. Указанные особенности характерны для заготовительно-обрабатывающего производства, в котором осуществляется изготовление деталей летательных аппаратов как первичного неделимого элемента конструкции.

К сожалению, в сборочном производстве, базирующемся, как правило, на ручном труде, что обусловлено его спецификой, поточные методы практически не используются. Их применение ограничивается лишь рациональной планировкой транспортных операций с помощью верхнего общецехового транспорта. Что касается рациональной организации непосредственно сборочных работ, то они ограничены порядком выполнения технологических операций в соответствии с техпроцессом сборки.

Рассмотрим подробнее общую схему выполнения сборочных работ в авиастроении (рис. 1) [1].

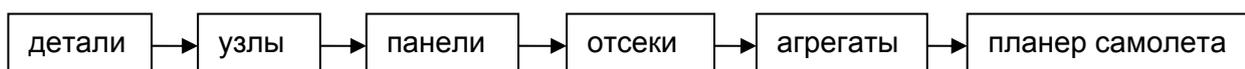


Рисунок 1 – Общая схема сборочных работ

Как следует из рис. 1, исходными элементами при проведении сборочных работ являются детали, т.е. неделимые монолитные конструк-

ции, получаемые в процессе литья или обработки давлением заготовок в горячем или холодном состоянии с окончательным формированием заданных физико-механических и геометрических характеристик на металлорежущем или кузнечно-прессовом оборудовании.

Следует отметить, что в зависимости от особенностей конструкции изделия показанная на рис. 1 общая схема может быть преобразована в конкретную схему (рис. 2).

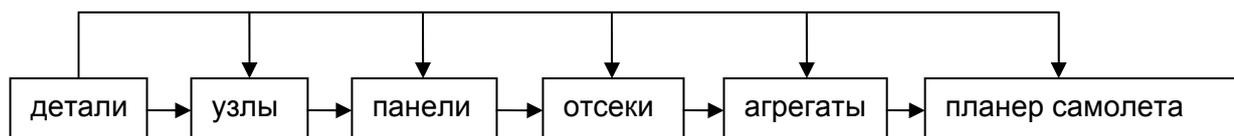


Рисунок 2 – Возможные варианты проведения сборочных работ

Из рис. 2 следует, что на первом этапе из деталей формируются узлы, из которых собираются панели, отсеки и т.д., однако детали могут подаваться на сборку на любом этапе сборочных работ, вплоть до окончательной сборки самолета. Наиболее характерным примером является подача на сборку фюзеляжа самолета Ту-134А носового каркаса кабины штурмана (эта сложная деталь изготавливалась литьем из магниевого сплава МЛ-5 и в последующем обрабатывалась на 5-координатном координатно-фрезерном станке).

Таким образом, из-за возможностей подачи отдельных деталей на сборку на любом этапе сборочных работ увеличивается количество вариантов для формирования сборочных схем.

Однако основное влияние на структуру сборочных процессов оказывают объемы сопутствующих операций по подготовке собираемых элементов к сборке. Поскольку под сборкой в узком значении этого термина, как правило, понимают установку соединяющих элементов (болтов, заклепок, сварных точек и т.п.), то следует выделять те из них, которые непосредственно не связаны с соединительными операциями, т.е. сопутствуют процессу сборки. Именно на этих операциях преобладает ручной труд, они являются основным резервом снижения трудоемкости сборочных работ.

Рассмотрим подробнее технологические взаимосвязи, которые характеризуют процессы сборки панелей и отсеков (при сборке узлов эти взаимосвязи сравнительно просты и обусловлены выбором базовой детали и определением последовательности наложения входящих элементов на базовую деталь, поэтому здесь не рассматриваются). В табл. 1 в качестве примера приведены возможные варианты сборочных процессов при изготовлении панелей или отсеков летательного аппарата. В строках таблицы указываются значения трудоемкости выполнения работ.

Таблица 1 – Пример заполнения исходных данных

Номер рабочего места и его назначение	Узлы, подаваемые на сборку				
	Трудоемкость работ по сборке панелей (отсеков) из подаваемых узлов, н/ч				
	Узел А	Узел Б	Узел С	Узел Д	Узел Е
№ 1 (стапель для окончательной сборки панели)	5,0	10,0	15,0	12,0	9,5
№ 2 (стапель для предварительной сборки панели)	3,0	8,0	5,0	3,0	2,5
№ 3 (приспособление для ручного сверления и зенкования отверстий под заклепки)	1,5	3,0	4,0	2,5	6,0
№ 4 (сверлильно-зенковальная установка для сверления и зенкования отверстий под заклепки)	2,5	1,5	2,5	1,0	1,5
№ 5 (приспособление для разборки и зачистки мест сверления под заклепки)	0,5	2,0	1,0	1,5	1,0
№ 6 (приспособление для сборки панели с помощью средств временного крепления)	1,0	2,5	1,5	1,0	1,5
№ 7 (клепка заклепок в приспособлении для сборки панели)	1,5	1,5	1,8	2,0	0,5
№ 8 (клепка заклепок на клепальном прессе)	1,8	2,0	2,5	2,5	1,3
№ 9 (приспособление для снятия средств временного крепления)	0,2	0,5	1,0	0,8	0,7
№ 10 (приспособление для клепки заклепок в местах временного крепления)	0,3	1,0	1,5	1,2	0,5

Методика определения очередности подачи деталей и узлов на сборку

Суть решения задачи заключается в отыскании такой очередности поставки на сборку входящих узлов (А, Б, С, Д, Е), при которой общее время выполнения работ по сборке панели или отсека будет наименьшим за счет минимизации времени ожидания подачи узлов в стапель сборки. При этом должно соблюдаться условие, при котором последовательность подачи узлов на сборку панели специально не оговаривается.

Очередность подачи узлов на сборку панели влияет на длительность производственного цикла, что предопределяет такой порядок поставки узлов на сборку, который обеспечивает минимальную длительность сборки панели T_{cb} , которая определяется согласно выражению [2]:

$$T_{cb} = A_i + t_{cbi} \quad (1)$$

где A_i – величина смещения между каждой частной парой рабочих мест; t_{cbi} – время сборки панели с учетом установки узлов на последнем рабочем месте, при этом предполагается, что в стапеле собирается одна панель.

Суммарная величина смещения A складывается из двух составляющих B и C , т.е.

$$A = B + C, \quad (2)$$

где B – величина смещения на каждой паре связанных рабочих мест, определяемая неравенством времени сборочных работ по узлам первой, второй и т.д. очередей запуска; C – запас времени, определяемый тем, что один и тот же узел не может одновременно находиться на двух рабочих местах.

Величина C при расчете суммарных смещений принимается постоянной и поэтому при определении оптимального варианта запуска узлов на сборку учитываться не будет.

Таким образом, на очередность подачи узлов на сборку будет влиять лишь составляющая B .

Величину смещения B_i для каждой связанной пары рабочих мест можно определить как сумму, состоящую из отдельных составляющих, определяемых последовательно каждым узлом:

$$B_i = B_1 + B_2 + \dots + B_k, \quad (3)$$

где $B_i, B_1, B_2, \dots, B_k$ – величины смещения на каждой связанной паре рабочих мест, определяемые неравенством времени сборки соответственно узла первой, второй, третьей и т.д. очередей запуска.

Поэтому общую величину смещения по всей совокупности рабочих мест сборки панели можно определить согласно формуле

$$\sum_{i=1}^{m-1} B_i = \sum_{i=1}^{m-1} B_1 + \sum_{i=1}^{m-1} B_2 + \dots + \sum_{i=1}^{m-1} B_k \quad (4)$$

где m – количество рабочих мест при сборке панели.

Очевидно, что оптимальной очередностью запуска будет такая, при которой каждая составляющая формулы (4) будет иметь минимальное значение.

Для исходных данных, приведенных в табл. 1, рассмотрим процедуру определения очередности подачи узлов на сборку панели, при этом используем методику, изложенную в [3]. Согласно этой методике рассчитывается сумма положительных разностей относительно первого рабочего места (табл. 2).

Таблица 2 – Суммы положительных разностей по связанным парам рабочих мест

Связанные пары рабочих мест	Узлы									
	А		Б		С		D		E	
	$t_A'-t_A$	Сумма положительных разностей	$t_B'-t_B$	Сумма положительных разностей	$t_C'-t_C$	Сумма положительных разностей	$t_D'-t_D$	Сумма положительных разностей	$t_E'-t_E$	Сумма положительных разностей
2 – 1	2,0	2,0	2,0	2,0	10,0	10,0	9,0	9,0	7,0	7,0
3 – 2	1,5	3,5	-5	2,0	1,0	11,0	0,5	9,5	0,5	7,5
4 – 3	-1	3,5	-1,5	2,0	1,5	12,5	1,5	11,0	-3,5	7,5
5 – 4	-2,0	3,5	0,5	2,5	1,5	14,0	-0,5	11,0	4,5	12,0
6 – 5	-0,5	3,5	0,5	3,0	-0,5	14,0	0,5	11,5	-0,5	12,0
7 – 6	-0,5	3,5	-1,0	3,0	-0,3	14,0	-1,0	11,5	1,0	13,0
8 – 7	-0,3	3,5	0,5	3,5	-0,7	14,0	-0,5	11,5	-0,8	13,0
9 – 8	1,6	5,1	-1,5	3,5	1,5	15,5	1,7	13,2	0,6	13,6
10 – 9	-0,1	5,1	0,5	4,0	-0,5	15,5	-0,4	13,2	0,2	13,8
Общая сумма положительных разностей, ч		33,2		25,5		120,5		101,4		99,4

Из данных табл. 2 следует, что минимальная сумма положительных разностей обеспечивается узлом «Б» (25,5), следовательно, его нужно подавать на сборку в первую очередь.

Аналогично определяются узлы 2-й, 3-й и т.д. очередей запуска, при этом в таблицах расчета не указываются узлы, очередность которых определена, но при этом учитывается компенсирующее влияние узлов предыдущей очереди запуска. Подробнее эта процедура описана в [4].

Выводы

Рассмотрена возможность применения методики расчета поточных линий механической обработки применительно к сборочным операциям.

В случаях, когда последовательность подачи деталей и узлов в сборочные приспособления специально не оговаривается, данная методика позволяет установить оптимальную очередность проведения сборочных операций, что сокращает их длительность.

Список использованных источников

1. Григорьев, В.П. Сборка клепаных агрегатов самолетов и вертолетов [Текст]: учеб. пособие / В.П. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.

2. Божко, Д.В. Организационно-экономические методы повышения производительности в авиационном производстве [Текст] / Д.В. Божко, О.В. Каширина, О.Л. Омельченко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2012. – №53. – С. 170 – 176.

3. Парамонов, Ф.И. Механизация и автоматизация управления серийным производством (на основе поточных методов организации труда) [Текст]. – М.: Машиностроение, 1968. – 280 с.

4. Божко, В.П. Расчет параметров малономенклатурных поточных линий механической обработки с использованием ЭВМ [Текст]: учеб. пособ. по курс. и дипл. проект / В.П. Божко, Н.М. Федорченко. – Х: Харьк. авиац. ин-т, 1978. – 21 с.

Поступила в редакцию 17.09.2012.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Е. Гайдачук,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*