

ФОРМИРОВАНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ КОНФИГУРАЦИИ

© 2009 В.П. Махитько, И.Б. Сироткина, Р.Н. Шумчук

Институт авиационных технологий и управления
Ульяновского государственного технического университета

Поступила в редакцию 20.07.2009

Рассматриваются главные факторы, определяющие абсолютные величины трудоемкости на различных этапах освоения изделий, зависящие от конструктивно-технологической сложности изделия, преемственности конструкции изделия в условиях проводимых изменений.

Ключевые слова: освоение изделий, трудоемкость, преемственность конструкции.

Трудоемкость изготовления авиационных изделий является одним из главнейших расчетных показателей серийного производства, так как она определяет объем и цикл производства. Трудоемкость не остается постоянной величиной во всех периодах производства изделия, а непрерывно изменяется в связи с совершенствованием технологии и ростом механизации и автоматизации производственных процессов, и поэтому должна изменяться на основе конструктивно-технологических решений.

Для установления технически обоснованной трудоемкости модифицированного изделия, необходимо разработать рабочую технологию, а нормы технологических процессов определить на основе расчетно-технических нормативов времени. Этот метод позволяет установить величину трудоемкости изделия лишь на определенный период изготовления изделия. Установление трудоемкости на несколько масштабов производства изделия при различных периодах выпуска потребует составление нескольких вариантов рабочей технологии. Проведение подобной работы будет связано с большими затратами труда технологов и нормировщиков и длительного цикла выполнения работы. Поэтому в лучшем случае предприятия разрабатывают технологию лишь в двух вариантах: первый вариант технологии является временным и обеспечивает выпуск первых серий изделий и второй вариант — серийный, обеспечивающий выпуск изделий на заданную мощность. Оба эти варианта технологии обуславливают соответственно две величины нормированной трудоемкости изготовления изделия.

Таким образом, поставив перед собой задачу установления в начальном периоде запуска в се-

рийное производство модифицированного изделия и технически обоснованную трудоемкость его изготовления на различных этапах освоения, необходимо иметь несколько вариантов рабочей технологии с технически обоснованными нормами времени, соответствующими разным объемам оснащения производства.

Для удовлетворения этого требования необходимо располагать, во-первых, большим штатом технологов и нормировщиков и, во-вторых, длительным сроком выполнения работы. Практически, при ограниченном штате технологического аппарата на предприятиях и весьма коротких сроках (10—25 дней), устанавливаемых на выполнение работы по проверке, соответствия производственных мощностей предприятия плановому заданию по выпуску продукции, применение расчетно-технического метода определения трудоемкости новой конфигурации изделия и темпов ее снижения неприемлемо. Поэтому возникает необходимость найти иные, более укрупненные методы расчета трудоемкости, которые обеспечили бы определение этого показателя в короткие сроки с достаточной степенью точности. Практически таким методом расчета трудоемкости в этих условиях является метод, основывающийся на сопоставительном анализе измененной конструкции изделия по предложениям заказчика с типовой конструкцией. Сравнительный анализ конструктивно-технологических характеристик конструкций изделий необходим для того, чтобы установить трудоемкость на какой-либо один период его производства, а обработка статистических материалов достигнутых величин трудоемкости изготовления типовых изделий за все периоды их производства с выводом общих закономерностей снижения трудоемкости даст возможность установить трудоемкость новой конфигурации изделия на последующих стадиях.

Махитько Вячеслав Петрович, кандидат экономических наук, доцент. E-mail: aviafil@tg.ru.

Сироткина Ирэна Борисовна, старший преподаватель. Шумчук Роман Николаевич, аспирант.

Известно, что в вопросе установления темпов снижения трудоемкости вредны как низкие, так и чрезмерно высокие показатели этого снижения, принимаемые в расчете. Низкие темпы снижения трудоемкости отрицательны тем, что они неоправданно занижат производственную мощность предприятия и потребуют, в отдельных случаях, увеличения количества рабочих, оборудования и площадей, которые в дальнейшем не смогут быть использованы. Наоборот, чрезмерно высокие темпы снижения трудоемкости, положенные в основу расчетов, ориентируют предприятия на реальность выполнения программного задания с имеющимися материальными и людскими ресурсами, тогда как в действительности для выполнения задания необходимо провести ряд технических мероприятий, требующих зачастую длительного времени (проектирование, изготовление и получение оборудования, строительство зданий и т. п.); предприятие в этом случае может оказаться в тяжелом положении по выполнению программы в срок.

При рассмотрении вопросов о трудоемкости изготовления изделия и темпах ее снижения необходимо различать две категории трудоемкости: нормированную и фактическую.

Под нормированной трудоемкостью изделия понимается объем работ в нормо-часах, оплачиваемый производственным рабочим, независимо от того, за какое календарное время этот объем работ выполнен. Фактическая трудоемкость, т. е. время, действительно затраченное на работу, равна частному от деления нормированной трудоемкости на коэффициент переработки норм. Нормированная и фактическая трудоемкости должны включать затраты труда поврежденных рабочих.

В настоящее время наиболее часто применяются два метода расчета общей трудоемкости изготовления изделий: первым методом трудоемкость изделия по периодам освоения серийного производства устанавливается в зависимости от производственной программы, производственной возможности цехов предприятия, объема суточного выпуска номенклатуры изделий, вторым методом трудоемкость устанавливается на конкретный номер изделия, т. е. в зависимости от количества изделий, выпущенных с начала производства. На рис. 1 показано различие этих методов расчета трудоемкости по периодам освоения производства изделия.

Обоснованием применения метода расчета трудоемкости по величине мелкосерийного (МС) выпуска служит общепринятая в машиностроении точка зрения: чем больше объем МС выпуска, тем больше средств должно быть вложено в технологическое оснащение производства и, следовательно, тем меньшая величина трудоемкости может быть достигнута. Для машиностроения продолжительность пребывания в производстве одного и, того же изделия ограничивается чаще всего 10-15 годами, причем первый год производства характеризуется освоением сравнительно небольшого МС выпуска, а последующие годы — непрерывным нарастанием выпуска лишь при некоторой его стабилизации в отдельных месяцах. В этих условиях расчет трудоемкости, исходя из МС выпуска номенклатуры изделий, менее точен, чем метод расчета трудоемкости в зависимости от величины общего заказа выпуска изделий, а для промежуточных этапов освоения — от количества изделий, выпущенных с начала производства.

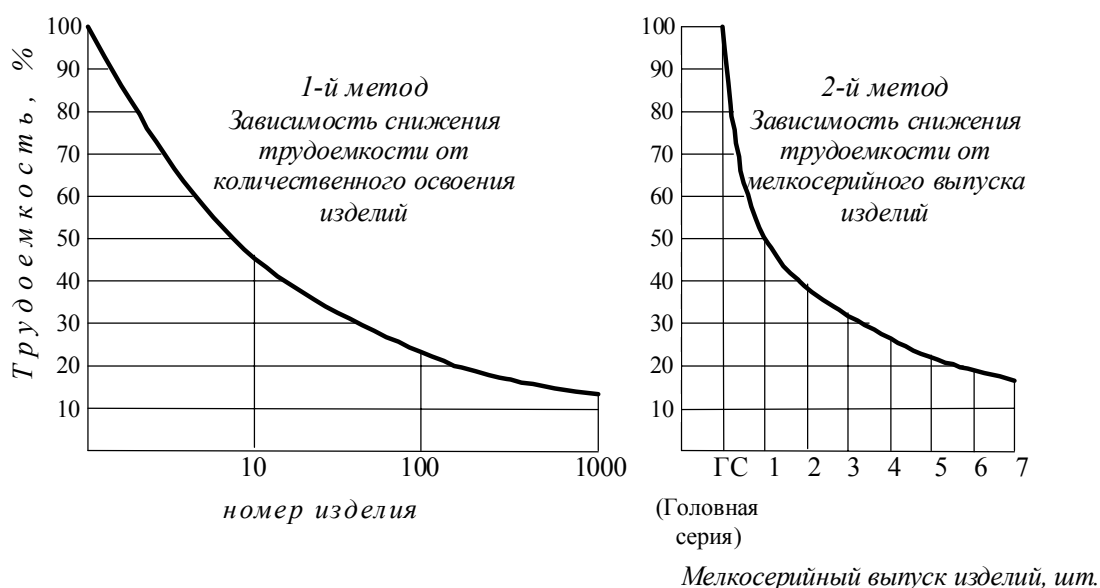


Рис. 1. Сравнение двух методов расчета трудоемкости

Целесообразность использования методов расчета трудоемкости оправдана вложением больших средств в оснащение производства для достижения меньшей величины конечной трудоемкости при втором варианте развертывания выпуска по сравнению с первым вариантом. Оправдать дополнительные вложения в оснащение производства изделия при втором варианте, — это ускорить темпы сдачи готовых изделий заказчику, что и отличает второй вариант от первого.

Таким образом, для установления трудоемкости изготовления изделий целесообразнее применять второй метод, т. е. установить общую трудоемкость изготовления изделия в зависимости не от размера МС выпуска, а в зависимости от количественного освоения выпуска с начала производства. Второй метод более приемлем для целей планирования трудоемкости еще и потому, что при стабилизации МС выпуска в течение нескольких месяцев трудоемкость практически продолжает снижаться, тогда как по первому методу расчета ее величина остается постоянной. Второй метод более удобен для целей планирования объемов производства по периодам выпуска изделия, которое зачастую основывается на серийном счете изделий

На рис. 2 показана органическая связь обоих методов в случае, если закономерность в формировании трудоемкости устанавливается на основании соответствующей обработки одних и тех же статистических данных предприятия.

Первый метод целесообразно применять для разовых расчетов при перспективном планировании производственных мощностей предприятия на максимальный выпуск, а так же при проекти-

ровании новых или реструктуризации действующих предприятий, а второй метод – для расчетов производственных мощностей предприятия по периодам МС освоения изделий, а также при планировании темпов выпуска новых изделий в период их запуска в серийное производство.

Расчет трудоемкости изготовления изделия с измененной конфигурацией при частично разработанной технологической документации, осуществляемый с использованием указанных выше двух методов, сводится, во-первых, к установлению или начальной трудоемкости, или трудоемкости освоенного производства и, во-вторых, к установлению промежуточных величин трудоемкости по периодам серийного освоения изделия, т. е. к установлению темпов снижения трудоемкости. Прежде всего, необходимо решить вопрос о том, какой метод даст наименьшую погрешность в расчетах: метод ли установления начальной трудоемкости изготовления изделия как базовой трудоемкости, от которой поведем расчеты величин и трудоемкости по периодам освоения изделия, или же метод установления трудоемкости освоенного производства?

Под термином “освоенное производство” понимается тот период работы предприятия, при котором трудоемкость изготовления изделия почти достигла запланированной величины, снизившись против начальной трудоемкости на 80-85%. Хотя показатель снижения трудоемкости не является единственным показателем, характеризующим освоение производства, мы будем считать его главнейшим синтетическим показателем освоения техники, технологии и организации производства.

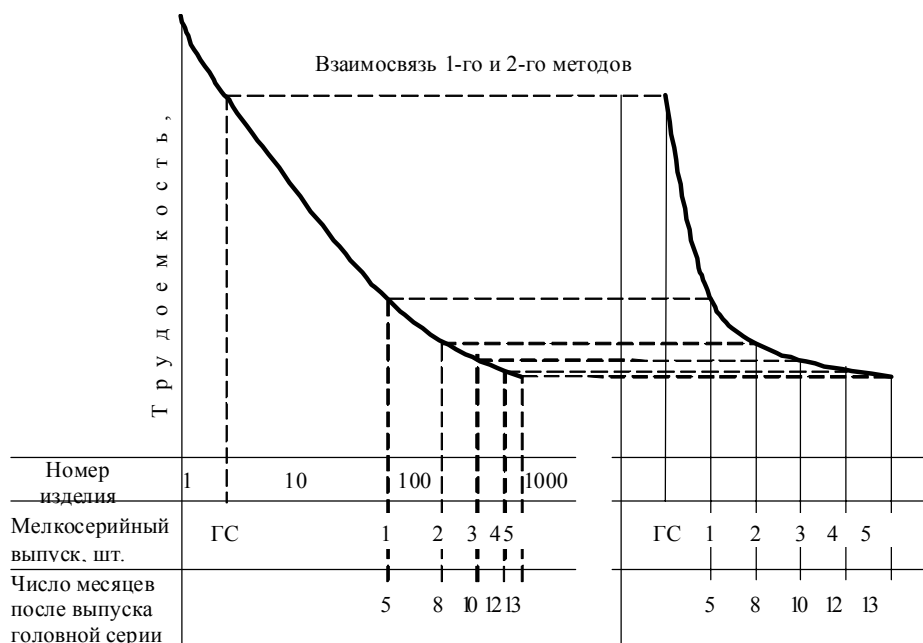


Рис. 2. Взаимосвязь двух методов расчета трудоемкости

Таблица 1. Показатели величин снижения трудоемкости

№ изделия	Процент снижения трудоемкости по отношению к трудоемкости первого изделия, принятой за 100% при следующих значениях коэффициента освоения трудоемкости K_c											
	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86
1	62	60	58	57	55	52	50	48	46	45	43	40
2	71	70	68	66	64	62	60	54	56	54	51	48
4	78	77	75	73	71	60	67	65	63	61	58	56
5	81	70	77	76	74	72	70	67	65	63	80	58
10	85	84	83	81	79	77	76	73	71	60	66	63
20	89	88	86	85	84	82	80	78	76	74	71	68
30	91	90	89	87	86	84	83	80	78	76	74	71
40	92	91	90	88	87	85	84	82	80	78	76	78
50	93	92	91	89	88	86	85	83	81	79	77	74
100	95	94	93	92	91	89	88	86	84	83	80	78

В табл. 1 указаны величины снижения трудоемкости изделий на различных стадиях их освоения при значениях $K_0 = 0,75-0,80$.

При $K_0 = 0,77-0,86$ трудоемкость снижается на 80–85% лишь на 10–40 изделиях, которые и могут быть приняты за изделия освоенного серийного производства.

Техника расчета общей трудоемкости с применением удельной трудоемкости на один килограмм веса изделия заключается в том, чтобы решить эту задачу на основании соответствующих статистических данных и фактической трудоемкости изготовления типового изделия (ТИ) и весовых характеристик изделия-модифицированного (ИМ) с учетом сложности ИМ и планируемого роста производительности труда.

Общая трудоемкость изготовления освоенного ИМ (T_N) может быть определена по следующей формуле:

$$T_N = G_H t_H K_P K_C, \quad (1)$$

где G_H – вес ИМ в кг;

t_H – удельная трудоемкость на один килограмм веса освоенного ИМ, учитывающая только изменение веса конструкции по сравнению с ТИ;

K_P – коэффициент, учитывающий рост производительности труда;

K_C – коэффициент, учитывающий конструктивно-технологическую сложность ИМ по сравнению с ТИ. Коэффициент $K_P < 1$ учитывает рост производительности труда производственных рабочих при изготовлении ИМ по сравнению с ТИ. С ростом производительности труда удельная трудоемкость на один килограмм веса изделия уменьшается для каждого ИМ благодаря техническому прогрессу производства, улучшению технологичности конструкции изделия и повышению квалификации рабочих.

Если ежегодный прирост производительности труда производственных рабочих должен

составлять не менее 6% и между выпуском ТИ и ИМ (для одних и тех же номеров изделий) проходит L лет, то рост производительности труда (Π) за этот период должен быть учтен в размере не менее $\Pi - \Delta L\%$.

Процент снижения трудоемкости (T_c) в зависимости от роста производительности труда (Π), как известно, определяется по формуле

$$T_c = \frac{100\Pi}{100 + \Pi} \%$$

Указанная зависимость между производительностью труда и трудоемкостью изделия графически представлена на рис. 3.

Коэффициент, учитывающий рост производительности труда; имеет следующее значение:

$$K_P = \frac{100 - T_c}{100} = \frac{100}{100 + \Pi L}. \quad (2)$$

График расчета коэффициента K_P дан на рис. 4.

Степень сложности изготовления ИМ по сравнению с ТИ определяется коэффициентом сложности K_C , который в данном случае определяется отношением трудовых затрат на изготовление отдельных элементов конструкции ИМ $t_{Э.И.}$ к трудовым затратам на изготовление аналогичных эле-

ментов конструкции ТИ $t_{Э.Т.}$, т. е. $K_C = \frac{t_{Э.И.}}{t_{Э.Т.}}$.

Коэффициент сложности устанавливается экспертным путем при сопоставлении чертежей ИМ и ТИ.

Степень сложности изготовления агрегатов, узлов и деталей ИМ, по сравнению с ТИ, а, следовательно, и трудоемкость их изготовления обычно тем выше, чем:

- а) больше габаритные размеры и вес;
- б) выше точностные характеристики;
- в) сложнее конфигурация поверхностей, требующих обработки;

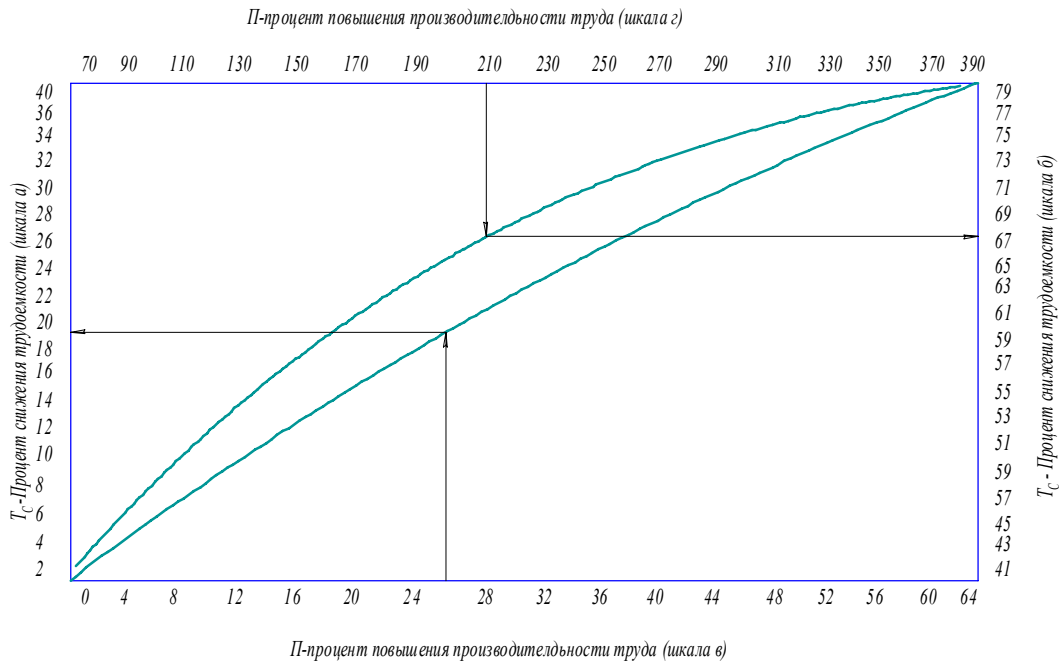


Рис. 3. Зависимость между производительностью труда и трудоемкостью изделия

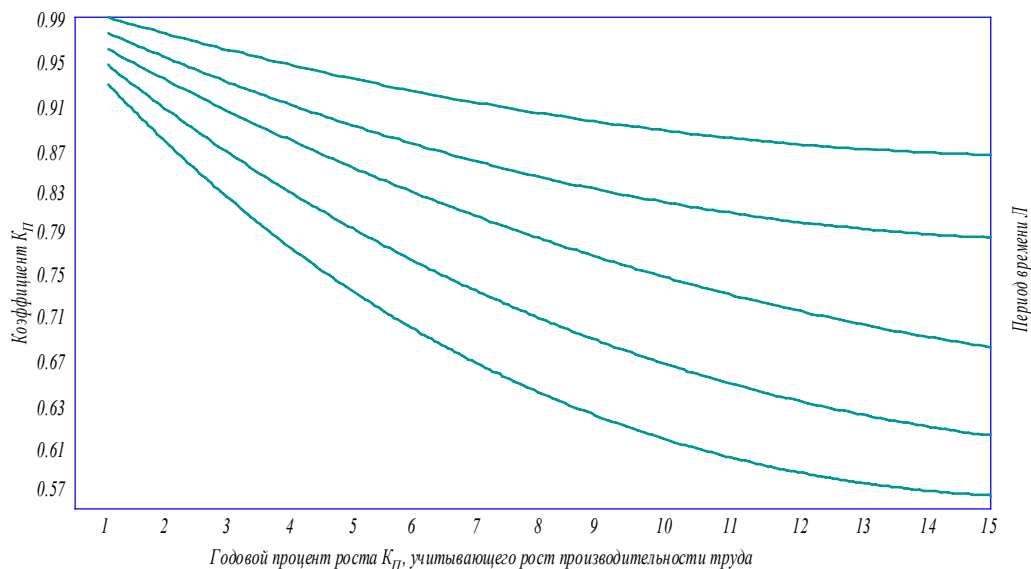


Рис. 4. График расчета коэффициента $K_{ц}$ учитывающего рост производительности труда

- г) сложнее монтажные схемы;
- д) меньше разъемов агрегатов;
- е) больше сварных и клепаных элементов конструкции и меньше цельноштампованных и литых элементов;
- ж) больше новых марок материалов, применяемых в конструкции, особенно труднообрабатываемых;
- з) больше диаметры заклепок и болтовых соединений;
- и) более высокие требования предъявляются к взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов, а также к ресурсу и надежности.

Необходимо отметить, что для машиностроения характерно повышение общей сложности из-

готовления каждого ИМ по сравнению с ТИ, хотя по отдельным элементам конструкции сложность их изготовления может быть меньше, благодаря возрастающей технологичности конструкции изделий и технической вооруженности предприятия, оцениваемой применением специального оборудования, высокопроизводительной оснастки, поточных и автоматических линий и т.п.

Установив величину трудоемкости изготовления ИМ T_N по формуле (1), необходимо определить величины трудоемкости изделия по периодам его серийного производства от выпуска первого изделия.

Для этого необходимо определить начальную трудоемкость изделия по формуле

$$T_1 = \frac{T_N}{K_0^{3.32 \ln N}}, \quad (3)$$

где N – номер освоенного серийного изделия, выпущенного с начала производства.

Если, в зависимости от конструктивной сложности изделия, за номер освоенного изделия, как об этом было сказано ранее, можно принимать изделия № 10, 20, 40, 80, то начальная трудоемкость T_1 , определяемая по формуле (3), в этом случае будет равна

$$T_1 = \frac{T_{10}}{K_0^7}; T_1 = \frac{T_{20}}{K_0^8}; T_1 = \frac{T_{40}}{K_0^9}; T_1 = \frac{T_{80}}{K_0^{10}}.$$

Имея две точки T_1 и T_N , можно, согласно закономерности снижения, трудоемкости, прове-

сти о логарифмической шкале координат через эти точки прямую, которая и определит промежуточные величины трудоемкости.

Для определения величины коэффициента снижения трудоемкости изготовления ИМ необходимо установить этот коэффициент для ТИ, сходящего с производства. Для этого на логарифмическую сетку (ось абсцисс – номер изделия, и ось ординат – общая трудоемкость изготовлений изделия) следует нанести фактические данные предприятия о трудоемкости изготовления отдельных номеров изделий от первого до последнего и установить наклон прямой, характеризующей темп снижения трудоемкости ТИ и, следовательно, коэффициент K_0 . Темп снижения трудоемкости ИМ должен быть несколько выше темпа снижения трудоемкости ТИ благодаря повышению уровня тех-

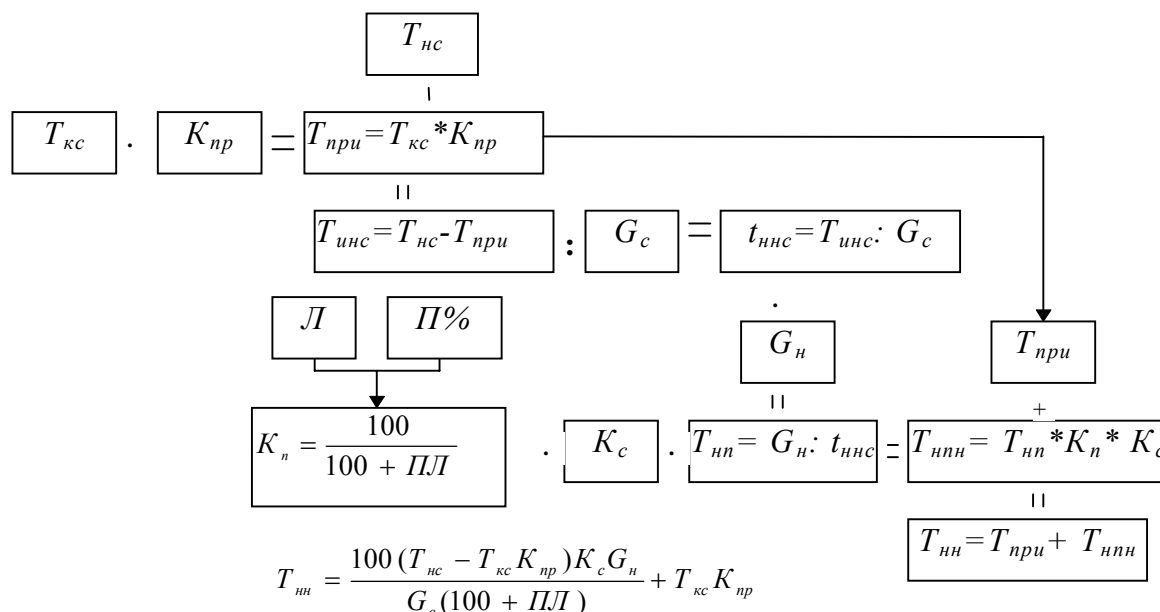


Рис. 5. Алгоритм расчета общей начальной трудоемкости изделия:

- $T_{нс}$ – общая трудоемкость изготовления ТИ начального периода производства;
- $T_{кc}$ – общая трудоемкость изготовления ТИ конечного периода производства;
- $K_{нр}$ – коэффициент конструктивной преемственности ИМ;
- $T_{нпу}$ – трудоемкость преемственных конструктивных элементов ИМ;
- $T_{инс}$ – трудоемкость непреемственных конструктивных элементов ТИ начального периода;
- G_c – конструктивный вес ТИ;
- $t_{ннс}$ – условная удельная трудоемкость непреемственных конструктивных элементов ТИ начального периода производства;
- L – период времени от изготовления первой серии ТИ до изготовления первой серии ИМ (лет);
- $П\%$ – ежегодный прирост производительности труда
- G_n – конструктивный вес ИМ;
- $T_{нпу}$ – трудоемкость преемственных конструктивных элементов ИМ;
- K_n – коэффициент снижения трудоемкости ИМ за счет технического прогресса;
- K_c – коэффициент конструктивной технологической сложности ИМ;
- $T_{ннп}$ – трудоемкость непреемственных конструктивных элементов ИМ начального периода; при равной сложности конструкций ТИ и ИМ и условий производства;
- $T_{ннп}$ – трудоемкость непреемственных конструктивных элементов ИМ начального периода производства;
- $T_{ннп}$ – общая трудоемкость ИМ начального периода производства; желательно брать не общие веса ТИ и ИМ, а веса непреемственных элементов этих изделий

ники и организации производства на предприятии, происшедшему за период производства ТИ. Для установления величины возможного процента повышения темпа снижения трудоемкости изготовления ИМ желательно провести анализ по нескольким изделиям прошлых периодов и опреде-

лечь общую тенденцию в ускорении темпов снижения трудоемкости ИМ по сравнению с ТИ.

Алгоритмы расчета общей начальной трудоемкости изделия и общей трудоемкости освоенного изделия приведены на рис. 5 и 6.

Программа расчета начальной трудоемкости,

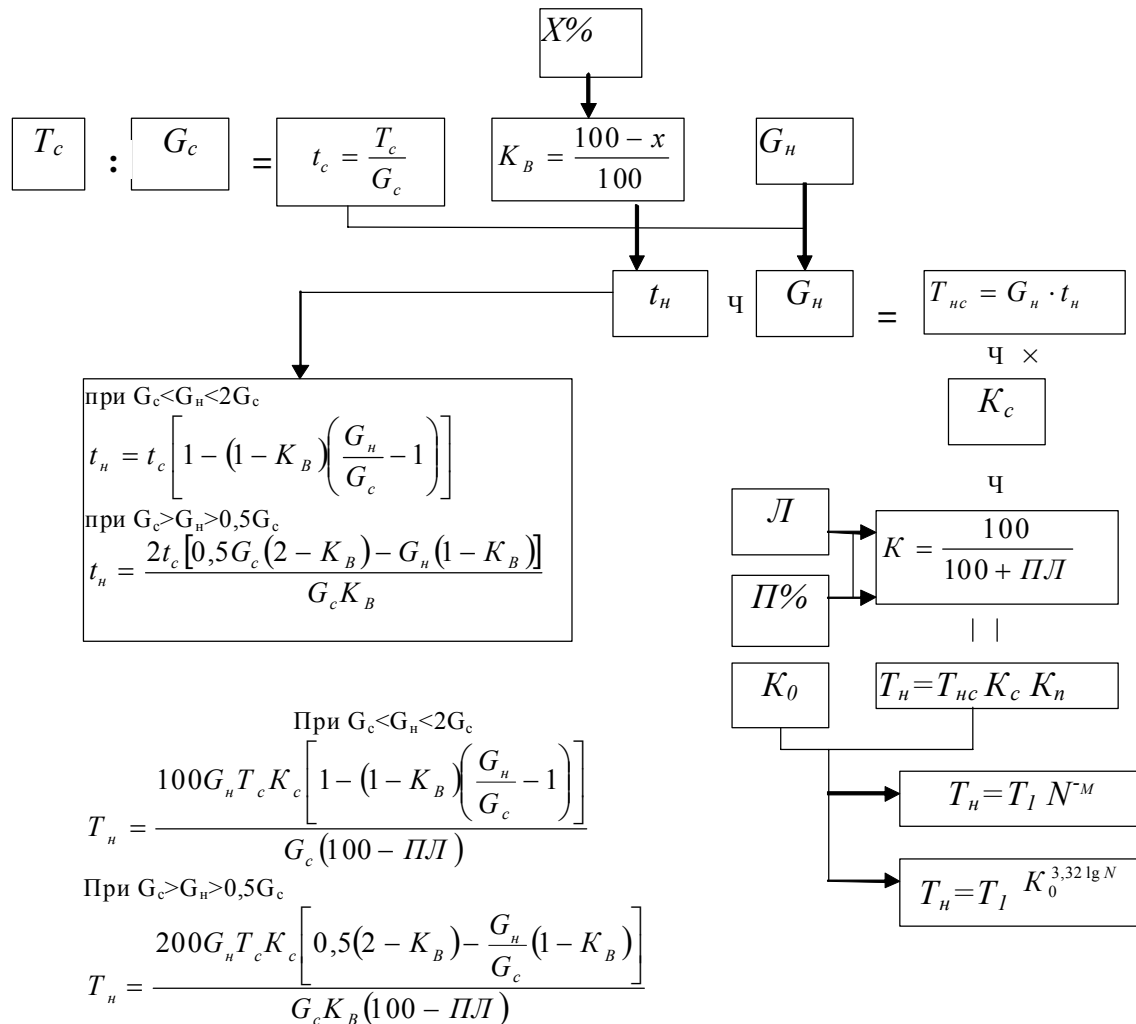


Рис. 6. Алгоритм расчета общей трудоемкости освоенного изделия и темпов ее снижения по периодам производства:

- $X\%$ – процент снижения трудоемкости при удвоении весов изделия (ведомственные нормативы);
- T_c – общая трудоемкость освоенного ТИ;
- G_c – конструктивный вес ТИ;
- t_c – удельная трудоемкость на 1 кг веса освоенного ТИ;
- K_B – коэффициент изменения удельной трудоемкости изделий при удвоении их веса;
- G_n – конструктивный вес ИМ;
- t_n – удельная трудоемкость ИМ при равной сложности ИМ и ТИ и равных уровнях техники и организации производства;
- T_{nc} – общая трудоемкость ИМ при равных конструктивной сложности и производственных условиях с ТИ;
- K_c – коэффициент конструктивно-технологической сложности ИМ;
- L – период времени от изготовления освоенного ТИ до изготовления освоенного ИМ (лет);
- $P\%$ – ежегодный прирост производительности труда;
- K – коэффициент снижения трудоемкости ИМ за счет технического прогресса;
- K_0 – коэффициент снижения трудоемкости при удвоении количества выпущенных изделий;
- T_n – общая трудоемкость освоенного ИМ;

изготовления ИМ требует проведения анализа конструктивно-технологических характеристик ТИ и ИМ для выявления степени их преемственности.

При этом, темп снижения нормированной трудоемкости наиболее интенсивен в начальном периоде запуска нового изделия, когда особенно быстро идет оснащение изделия. После достижения уровня серийного оснащения темп снижения нормированной трудоемкости замедляется, так как технические нормы времени в серийной технологии могут изменяться только за счет дальнейшей замены отдельных видов оснастки более производительной, что носит единичный характер, который не может резко повлиять на величину общей трудоемкости.

Таким образом, темп снижения нормированной трудоемкости при изменении конфигурации изделия и на следующих стадиях освоения выпуска типовых изделий полностью зависит от выполнения плана подготовки производства, а именно от той его части, которая определяет сроки изготовления и ввода в эксплуатацию технологической оснастки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Цыркков А.В.* Особенности создания технологической среды параллельного проектирования объектов производства. – Техника. Экономика. Сер. Автоматизация проектирования / Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации, вып.3-4. – 1995.

FORMATION OF LABOUR INPUT OF MANUFACTURING OF PRODUCTS AT CHANGES OF THE CONFIGURATION

© 2009 V.P. Mahitko, I.B. Sirotkina, R.N. Shumchuk

Institute of Aviation Technologies and Managements
of Ulyanovsk State Technical University

The primary factors defining absolute sizes of labors input at various stages of development of products, products depending on is constructive-technological complexity, continuity of a design of a product in conditions of spent changes are considered.

Key words: development of products, of labors input, continuity of a design.

Vyacheslav Mahitko, Candidate of Economics, Associate Professor. E-mail: aviafil@mv.ru.

Irena Sirotkin, Senior Lecturer.

Roman Shumchuk, Graduate Student.