

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТИПОВЫХ И ГРУППОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Доктора техн. наук, профессора КОЖУРО Л. М., МРОЧЕК Ж. А.,
докт. экон. наук, проф. ПОХАБОВ В. И., асп. ЗОТОВА И. П.*

Белорусский национальный технический университет

Известно [1], что в современных рыночных отношениях целесообразность освоения любой инновации, в том числе и технологической, определяется основными показателями:

- общей экономией, полученной при освоении технологического процесса в производстве, характеризующей абсолютную величину сокращения затрат освоенного ресурса;

- экономической эффективностью, полученной в процессе сопоставления результатов освоения технологического процесса и затрат по внедрению, которая характеризуется рентабельностью производства и коэффициентом экономической эффективности капитальных вложений;

- абсолютным показателем экономической эффективности, характеризующим рациональное использование совокупности экономических ресурсов, т. е. годовой экономический эффект и чистую текущую стоимость;

- сроком окупаемости.

По-прежнему технологические инновации в действующем производстве оцениваются по степени увеличения производительности процесса, сокращению металлоемкости изделия, уменьшению объема поставок по кооперации, энергоемкости, сокращению трудоемкости технологического процесса и сумме затрат на его освоение и т. д. Приоритетность различных вариантов технологий оценивается по инвестиционным затратам и ожидаемой прибыли, где основную роль играют капиталовложения, полная себестоимость единицы продукции, цена про-

дукции с учетом прибыли и прогнозируемые объемы сбыта. Учитывая перечисленные факторы и параметры оценки экономической эффективности, остается актуальным освоение в производстве типовых и групповых технологических процессов.

Типизация технологических процессов и групповые способы обработки направлены, в первую очередь, на приближение предприятий с мелкосерийным и серийным производствами к условиям поточного.

Если экономическая целесообразность типовых и групповых технологических процессов с точки зрения экономики трудовых затрат на проектирование совершенно очевидна, то внедрение высокопроизводительной переналаживаемой оснастки, модернизация оборудования, использование станков-автоматов, а также создание механизированных и автоматизированных поточных линий, особенно в условиях рыночных отношений, требуют обоснования. Могут иметь место случаи, когда затраты на оснащение технологических процессов высокопроизводительным оборудованием и оснасткой окупятся в течение длительного времени [2].

Частая сменяемость изделий и запуск деталей в производство малыми партиями требуют определения ряда оптимальных параметров, влияющих на экономику, организацию и планирование производства. К ним относятся: выбор оптимальной партии деталей, допустимое количество переналадок и подналадок оборудования, максимальное количество наименова-

ний деталей для закрепления за тем или иным оборудованием, количество партий деталей, определение экономически оправданного коэффициента загрузки оборудования и т. д. Кроме этого, должны решаться вопросы экономичности выбора средств оснащения типовых и групповых процессов.

Сопоставляя равноценные по техническим показателям технологические процессы, обеспечивающие обработку заготовки детали в заданных программой количествах, следует выбирать наиболее экономичные процессы. Экономичность процесса является решающим показателем при окончательном выборе технологии изготовления детали или изделия.

Экономические показатели оценки технологических процессов. Всестороннюю оценку экономичности технологического процесса можно получить на основании анализа себестоимости изделий, дополнительных капиталовложений и срока их окупаемости.

Расчет себестоимости технологической операции проводится по формуле

$$S_{\text{оп}} = V + \frac{C}{N},$$

где V – переменные расходы; C – постоянные расходы; N – программа выпуска деталей.

Переменные расходы включают расходы на материал и заработную плату при производстве детали. Постоянные, связанные с обслуживанием оборудования, меняются почти пропорционально программе выпуска деталей [1].

Показатель себестоимости может служить оценкой для выбора технологического процесса лишь тогда, когда сравниваемые варианты технически равноценны и имеют одинаковые капиталовложения.

При типизации технологических процессов и групповой обработке заготовок деталей возникает необходимость проведения работ по модернизации оборудования, механизации и автоматизации технологических процессов, требующих дополнительных капитальных затрат. Игнорирование этого обстоятельства может привести к тому, что на практике будут внедряться высокопроизводительные типовые и групповые технологические процессы, не обеспечивающие длительный период экономической эффективности. Капитальные затраты

должны быть соизмеримы с той экономией, которую они могут дать.

Расчет проводится при помощи показателя окупаемости дополнительных капиталовложений [2, 3].

Окупаемость дополнительных капиталовложений (год) выражается следующей формулой:

$$T = \frac{\Delta B}{(S_1 - S_2)N},$$

где ΔB – дополнительные капиталовложения, руб.; N – годовой выпуск деталей, шт.; S_1 и S_2 – себестоимость единицы продукции сравниваемых вариантов технологических процессов, руб.

Определение оптимального количества наладок и деталь-операций, закрепленных за станком. Типовые и групповые технологические процессы обеспечивают условия для уменьшения затрат времени на переналадку оборудования при переходе на изготовление другой детали, так как в этом случае переналадка, по существу, сводится к подналадке станка и приспособления. Однако подналадка станков занимает определенное время, поэтому при планировании производства необходимо определить оптимальное количество закрепляемых за данным станком деталь-операций, количество допустимых наладок или подналадок в течение планируемого периода времени, а также экономически оправданный минимальный коэффициент загрузки станка.

Рассмотрим баланс действительного фонда времени работы станка в течение планируемого периода (месяц, квартал и т. д.).

Работу станка $F_{\text{д.ст}}$ в течение планируемого периода времени можно представить как

$$F_{\text{д.ст}} = T_p + T_n,$$

где T_p – время работы станка, занятое на изготовление деталей, ч; T_n – сумма потерь времени на переналадку или подналадку станка, ч.

Работа станка в течение планируемого периода равна

$$T_p = \frac{t_{\text{шт.1}}N_1}{60} + \frac{t_{\text{шт.2}}N_2}{60} + \frac{t_{\text{шт.3}}N_3}{60} + \dots + \frac{t_{\text{шт.i}}N_i}{60},$$

где $t_{\text{шт.1}}, t_{\text{шт.2}}, t_{\text{шт.3}}, \dots, t_{\text{шт.i}}$ – штучное время изготовления деталей одной технологической груп-

пы, мин; $N_1, N_2, N_3, \dots, N_i$ – программа выпуска различных деталей одной технологической группы на станке в течение планируемого периода времени; i – количество наименований деталей, закрепленных за станком.

Время, затрачиваемое на наладке в течение планируемого периода, составит

$$T_{\text{н}} = \frac{t_{\text{н1}}}{60} + \frac{t_{\text{н2}}}{60} + \frac{t_{\text{н3}}}{60} + \dots + \frac{t_{\text{нн}}}{60},$$

где $t_{\text{н1}}, t_{\text{н2}}, t_{\text{н3}}, \dots, t_{\text{нн}}$ – время одной наладки или подналадки для партии различных деталей, мин; n – количество наладок в планируемый период.

Для упрощения примем средние величины $t_{\text{шт}}$ и $t_{\text{н}}$

$$F_{\text{д.ст}} = \frac{t_{\text{шт}} \sum N}{60} + \frac{t_{\text{н}} n}{60},$$

откуда определим максимально допустимое количество наладок или подналадок, обеспечивающих изготовление каждой детали в заданном количестве:

$$n = \frac{60F_{\text{д.ст}} - t_{\text{шт}} \sum N}{t_{\text{н}}}.$$

В этой зависимости действительный фонд времени работы станка $F_{\text{д.ст}}$ учитывает простой станка из-за ремонта, так как

$$F_{\text{д.ст}} = F_{\text{н}} \eta,$$

где $F_{\text{н}}$ – номинальный фонд времени работы станка в планируемый период, ч; η – коэффициент, учитывающий простой станка в ремонте.

Если принять, что в планируемый период программа изготовления каждой детали равна q , то программа изготовления i наименований деталей будет

$$N = iq.$$

В то же время

$$N = pn,$$

где p – количество деталей в партии; n – количество партий деталей в планируемый период, которое равно числу переналадок в этот же период, т. е.

$$N = iq = pn.$$

Зная программу изготовления всех деталей, закрепленных за станком в течение планируемого периода, и заданное изготовление каждой, можно определить количество деталей, закрепленных за станком:

$$i = \frac{N}{q} = \frac{pn}{q}.$$

Кроме этого, можно определить размер партии обрабатываемых заготовок деталей

$$p = \frac{N}{n} = \frac{iq}{n},$$

учитывая, что программы изготовления каждого наименования деталей в течение планируемого периода равны между собой [2].

В практике мелкосерийного производства такие случаи встречаются довольно редко. Поэтому эти зависимости следует принимать для укрупненных расчетов, чтобы иметь ясность, какими величинами можно оперировать при определении партии деталей и количества наладок в планируемый период и т. д.

После проведения укрупненных расчетов необходимо провести корректировку на фактическое количество деталей каждого наименования, подлежащее изготовлению. Правильность расчетов окончательно проверяют по балансу времени работы станка.

Определение экономически оправданного коэффициента загрузки оборудования. Высокая производительность специализированного и автоматизированного оборудования, используемого в условиях типизации и групповой обработки, может привести к его низкой загрузке. Для решения целесообразности применения высокопроизводительного оборудования следует определить минимально допустимую годовую программу изготовления деталей на таком оборудовании и затем наименьший экономически оправданный коэффициент его загрузки. Это можно осуществить при помощи сравнения затрат на заработную плату при работе на универсальном и высокопроизводительном оборудовании [1, 3].

Действительно, условие, определяющее рентабельность использования высокопроизводительного оборудования, можно представить в следующем виде:

$$\Delta N \geq \Delta B,$$

где ΔB – дополнительные капиталовложения, связанные с модернизацией или созданием высокопроизводительного оборудования; Δ – экономия зарплаты в результате использования высокопроизводительного оборудования и изготовления одной детали; N – годовая программа деталей.

Для укрупненных расчетов в этой зависимости следует учитывать величину Δ

$$\Delta = t_1 C_1 - t_2 C_2,$$

где t_1, t_2 – средняя трудоемкость изготовления детали соответственно на универсальном и высокопроизводительном оборудовании, мин; C_1, C_2 – соответственно тарифные ставки, руб./мин;

$$(t_1 C_1 - t_2 C_2) N = \Delta B.$$

Отсюда можно определить минимально допустимую программу изготовления деталей на высокопроизводительном оборудовании, предварительно приняв окупаемость T дополнительных капитальных затрат:

$$N_{\min} = \frac{\Delta B}{T(t_1 C_1 - t_2 C_2)}.$$

В случае необходимости приобретения универсальных станков или одного высокопроизводительного, заменяющего их, зависимость примет вид

$$N_{\min} = \frac{B_2 - n B_1}{T(t_1 C_1 - t_2 C_2)},$$

где n – количество универсальных станков, заменяемых одним высокопроизводительным станком; B_2, B_1 – стоимость соответственно высокопроизводительного и универсального станка.

Тогда минимально допустимый коэффициент загрузки высокопроизводительного оборудования определится

$$\eta = \frac{N_{\min} t_2}{60 F_d},$$

где F_d – действительный годовой фонд времени работы станка, ч.

Определенный коэффициент загрузки высокопроизводительного станка может быть невы-

сок, однако экономическая целесообразность его использования очевидна.

Экономическое обоснование использования универсально-наладочной оснастки при разработке типовых и групповых технологических процессах. Известно, что для оснащения групповых и типовых технологических процессов наиболее рациональной является система универсально-наладочных приспособлений (УНП).

Однако не всегда использование системы УНП оказывается оправданным. Иногда затраты на изготовление наладок к УНП и их эксплуатацию не покрываются экономией, получаемой от их использования.

Экономичность применения наладки для группового или типового технологического процесса определяется путем сопоставления затрат на внедрение наладки УНП для определенной заготовки детали и экономии, получаемой от ее эксплуатации. Экономия в этом случае образуется в основном за счет снижения трудоемкости.

Величину снижения трудоемкости изготовления одной детали e' можно определить следующим образом [4]:

$$e' = t_1 - t_2,$$

где t_1 – трудоемкость изготовления детали до освоения новой наладки, мин; t_2 – то же при использовании наладки на УНП, мин.

Тогда экономия прямой заработной платы в связи с использованием новой наладки будет

$$e = t_1 C_1 - t_2 C_2,$$

где C_1, C_2 – тарифные ставки на операции до и после изготовления и использования наладки.

В этом случае экономический эффект Δ с учетом накладных расходов H % от прямой заработной платы составит:

$$\Delta = (1 + 0,01H)e$$

или

$$\Delta = (1 + 0,01H)(t_1 C_1 - t_2 C_2).$$

Условия, определяющие рентабельность изготовления наладки, можно представить следующей зависимостью:

$$P \leq \Delta N,$$

где P – величина годовых затрат на эксплуатацию приспособления с учетом наладок; N – годовая программа деталей, переводимых на изготовление с помощью наладки УНП.

Преобразуя эту зависимость с учетом величины Δ , получим

$$P = (1 + 0,01H)(t_1C_1 - t_2C_2)N.$$

Следовательно, можно определить минимальную годовую программу деталей, при которой окупятся затраты на изготовление устройств наладки и будет получена экономия:

$$N_{\min} = \frac{P}{(1 + 0,01H)(t_1C_1 - t_2C_2)}.$$

Величина годовых затрат на одно универсально-наладочное приспособление в этом случае определяется

$$P_{\text{УНП}} = \left(\frac{A_y^a + A_y^3}{m} \right) C_y + \left(\frac{1 + A_n^n}{T} + A_n^3 \right) C_n,$$

где A_y^a и A_y^3 – коэффициенты амортизации и эксплуатации УНП; C_y – себестоимость изготовления УНП; A_n^n и A_n^3 – коэффициенты проектирования и эксплуатации сменной наладки; C_n – средняя себестоимость устройств одной наладки; m – количество сменных наладок, изготовленных для данного УНП; T – срок эксплуатации наладки, определяемый ее износом.

В связи с тем, что величина годовых затрат на одно УНП с увеличением числа наладок асимптотически приближается к величине затрат на одну наладку, а количество закрепленных за каждым универсально-наладочным приспособлением наладок сравнительно велико, годовые затраты можно определять с достаточной для практической работы точностью по затратам только наладки, т. е.

$$P_n = \left(\frac{1 + A_n^n}{T} + A_n^3 \right) C_n.$$

Подставив эту величину в формулу минимальной годовой программы, можно записать

$$N_{\min} = \frac{\left(\frac{1 + A_n^n}{T} + A_n^3 \right) C_n}{(1 + 0,01H)(t_1C_1 - t_2C_2)}.$$

Заменив $t_1C_1 - t_2C_2$ на e , получим

$$N_{\min} = \frac{\left(\frac{1 + A_n^n}{T} + A_n^3 \right) C_n}{(1 + 0,01H)e}.$$

Пользуясь этой зависимостью, можно определить минимальное годовое количество деталей, при котором экономически выгодно изготавливать наладку на УНП.

Таким образом получают исходные зависимости для оценки экономичности использования всей универсально-наладочной оснастки.

На основании этих формул строят номограммы для каждого УНП. По номограммам можно определить минимальную программу N_{\min} , при которой проектирование и изготовление устройств наладки обеспечивают экономический эффект.

Если при заданной годовой программе деталей экономический эффект отсутствует, то изготовление этих деталей следует производить уже с помощью универсально-сборных приспособлений.

Определение экономической эффективности разработки технологических процессов, проектирования и изготовления оснастки при типизации технологических процессов. Первоначальные затраты инженерного труда при внедрении типизации процессов значительны, но технологическая подготовка к запуску в производство изделия в условиях проведенной типизации намного упрощается и сокращается. Трудоемкость технологической подготовки любого изделия в этом случае может быть определена суммой трудовых затрат на технологическую подготовку стандартных деталей, которые могут быть охвачены типовыми технологическими процессами, и оригинальных, которые требуют проектирования индивидуальных технологических процессов и оснастки:

$$T_{\text{т.п.о}} = T_{\text{т}} + T_{\text{и}},$$

где $T_{\text{т.п.о}}$ – трудовые затраты на технологическую подготовку изделий, ч; $T_{\text{т}}$ и $T_{\text{и}}$ – то же соответственно типовых и оригинальных деталей, ч.

Эту зависимость можно представить

$$T_{\text{т.п.о}} = D_o(T_{\text{тех}} + T_{\text{кон}}) + D_{\text{т}}(T_{\text{т.тех}} + T_{\text{т.кон}}),$$

где D_o, D_T – количество наименований оригинальных и типовых деталей в конструкции изделия; $T_{\text{тех}}, T_{\text{кон}}$ – трудоемкость проектирования индивидуальных технологических процессов и оснастки для одной детали средней сложности, ч; $T_{\text{т.тех}}, T_{\text{т.кон}}$ – то же технологических процессов и оснастки (наладок) при наличии разработанных технологических процессов и типовой оснастки, ч.

Из практики промышленных предприятий, осуществляющих технологическую подготовку производства на базе разработанных типовых технологических процессов и спроектированной для них оснастки, можно принять:

$$T_{\text{т.тех}} = 0,5T_{\text{тех}}; \quad T_{\text{т.кон}} = 0,6T_{\text{кон}}.$$

Тогда

$$T_{\text{т.п.о}} = D_o(T_{\text{тех}} + T_{\text{кон}}) + D_T(0,5T_{\text{тех}} + 0,6T_{\text{кон}}).$$

Введем понятие о коэффициенте типизации K_T , который представляет отношение количества типовых деталей D_T к общему количеству деталей в изделии $D_{\text{из}}$:

$$K_T = \frac{D_T}{D_{\text{из}}},$$

тогда $D_T = K_T D_{\text{из}}$ и $D_o = D_{\text{из}} - D_T = D_{\text{из}} - K_T D_{\text{из}} = D_{\text{из}}(1 - K_T)$.

Подставим величины D_o и D_T в формулу

$$T_{\text{т.п.о}} = D_{\text{из}}(1 - K_T)(T_{\text{тех}} + T_{\text{кон}}) + K_T D_{\text{из}}(0,5T_{\text{тех}} + 0,6T_{\text{кон}}).$$

После преобразования получим

$$T_{\text{т.п.о}} = D_{\text{из}}[T_{\text{тех}}(1 - 0,5K_T) + T_{\text{кон}}(1 - 0,4K_T)].$$

При технологической подготовке изделия по индивидуальным технологическим процессам трудовые затраты будут составлять

$$T_{\text{т.п.и}} = D_{\text{из}}(T_{\text{тех}} + T_{\text{кон}}).$$

Экономия трудовых затрат при технологической подготовке производства в условиях типизации определится из зависимости

$$T_{\text{эк.т}} = T_{\text{т.п.и}} - T_{\text{т.п.о}}.$$

Подставив в эту зависимость величины $T_{\text{т.п.и}}$ и $T_{\text{т.п.о}}$, получим

$$T_{\text{эк.т}} = D_{\text{из}}K_T(0,5T_{\text{тех}} + 0,4T_{\text{кон}}).$$

Зная среднюю часовую ставку технолога и конструктора, занимающихся оснасткой, можно определить экономическую эффективность технологической подготовки изделия. Аналогично можно рассчитать экономию при изготовлении оснастки в условиях типизации технологических процессов [2].

Экономическая эффективность технологической подготовки производства изделия, определяемая по приведенным формулам, представляет собой укрупненную величину. Для более точного расчета необходимо количество деталей изделия разделить на группы сложности и для каждой группы рассчитать экономический эффект. Это же необходимо сделать для определения экономической эффективности, полученной при изготовлении оснастки и ее проектировании.

Данные о затратах на проектирование индивидуальных технологических процессов и специальной оснастки в зависимости от группы сложности приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Затраты на проектирование индивидуальных технологических процессов механической обработки

Уровень детализации технологического процесса	Группа технологической сложности											
	Простая			Средней сложности			Сложная			Повышенной сложности		
	Среднее число операций	Трудоемкость, ч	Затраты, у. е.	Среднее число операций	Трудоемкость, ч	Затраты, у. е.	Среднее число операций	Трудоемкость, ч	Затраты, у. е.	Среднее число операций	Трудоемкость, ч	Затраты, у. е.
Маршрутная технология	До 5	1,0	0,7	6...12	3,5	2,5	13...22	9,0	6,3	Свыше 22	17,0	12,0
Операционная технология		4,5	3,2		13,5	12,2		32,0	22,0		65,0	45,0

Таблица 2

Затраты на проектирование и изготовление специальной оснастки, нормо-ч

Вид оснастки	Степень сложности				
	Простая	Средней сложности	Сложная	Повышенной сложности	Особо сложная
Приспособления	8	20	50	75	200
Режущий инструмент	2	5	15	30	300
Вспомогательный инструмент	2	5	15	30	-
Мерительный инструмент	1,5	4	12	24	-

Определение экономической эффективности изготовления деталей с использованием типовых технологических процессов. Известно [4], что при освоении типовых технологических процессов на заводах подъемно-транспортного оборудования снижение трудоемкости изготовления деталей типа валов, шестерен, втулок, рычагов составляет 250...400 %.

Экономическую эффективность типовых и групповых технологических процессов можно определить путем сравнения затрат по заработной плате при обработке деталей по индивидуальным и типовым технологическим процессам.

В этом случае экономия заработной платы составит

$$C_{\text{эк.т}} = C_{\text{и}} - C_{\text{т.тех}}$$

где $C_{\text{и}}$, $C_{\text{т.тех}}$ – затраты по заработной плате при освоенных индивидуальных и типовых технологических процессах, $C_{\text{и}}^{\text{инд}} = 1,14D_{\text{из}} \sum NC_c t_{\text{и}}$; $D_{\text{из}}$ – количество деталей в изделии; N – то же по годовой программе; C_c – средняя заработная плата станочника, руб.; $t_{\text{и}}$ – средняя трудоемкость изготовления одной детали по индивидуальному технологическому процессу, мин.

При использовании типовых технологических процессов затраты по заработной плате определяют по формуле

$$C_{\text{т.тех}} = C_{\text{и}} + C_{\text{т}} = 1,14D_{\text{из}} \times (1 - K_{\text{т}})NC_c t_{\text{и}} + 1,14D_{\text{из}}K_{\text{т}}NC_c t_{\text{т}}$$

где $K_{\text{т}}$ – коэффициент типизации; $t_{\text{т}}$ – средняя трудоемкость изготовления детали по типовому технологическому процессу.

Если принять, что $t_{\text{т}} = 0,5t_{\text{и}}$, и подставить эту величину в приведенную выше формулу, получим

$$C_{\text{т.тех}} = 1,14D_{\text{из}}(1 - K_{\text{т}})NC_c t_{\text{и}} + 1,14D_{\text{из}}K_{\text{т}}NC_c \cdot 0,5t_{\text{и}}$$

После преобразования будем иметь

$$C_{\text{т.тех}} = 0,57D_{\text{из}}NC_c t_{\text{и}}(2 - K_{\text{т}})$$

Экономический эффект по зарплате составит

$$C_{\text{эк.т}} = C_{\text{и}} - C_{\text{т.тех}} = 0,57K_{\text{т}}D_{\text{из}}NC_c t_{\text{и}}$$

Экономия заработной платы по наладкам оборудования будет

$$C_{\text{эк.н}} = C_{\text{н.и}} - C_{\text{н.т}}$$

где $C_{\text{н.и}}$, $C_{\text{н.т}}$ – заработная плата наладчиков соответственно при индивидуальных и типовых технологических процессах, $C_{\text{н.и}} = 1,14D_{\text{из}}C_{\text{н}}t_{\text{н}} \frac{N}{n}$; $C_{\text{н}}$ – минутная заработная плата наладчика; n – средний размер партии деталей одного наименования; $t_{\text{н}}$ – время одной наладки, мин.

При типовых технологических процессах изготовления деталей заработная плата наладчиков будет

$$C_{\text{н.т}} = C_{\text{н.и}} + C_{\text{н.т}} = 1,14D_{\text{из}}(1 - K_{\text{т}})NC_{\text{н}}t_{\text{н}} \frac{N}{n} + 1,14D_{\text{из}}K_{\text{т}}t_{\text{п.н}}C_{\text{н}} \frac{N}{n}$$

где $t_{\text{п.н}}$ – время одной подналадки, мин.

Ориентировочно можно считать

$$T_{\text{п.н}} = 0,2t_{\text{н}}$$

Подставив эту величину и преобразовав зависимость, получим

$$C_{\text{н.т}} = 1,14D_{\text{из}}C_{\text{н}}t_{\text{н}} \frac{N}{n} - 0,9D_{\text{из}}K_{\text{т}}t_{\text{н}}C_{\text{н}} \frac{N}{n}$$

Экономический эффект, полученный за счет сокращения времени на наладки, определяется

$$C_{н.т} = C_{н.и} - C_{н.т} = 0,9D_{из}K_{т}t_{н}C_{н}\frac{N}{n}.$$

Общий экономический эффект по заработной плате станочников и наладчиков составит:

$$C_{общ} = C_{эк.т} + C_{эк.н} = 0,57D_{из}K_{т}NC_{с}t_{н}N + 0,9D_{из}K_{т}t_{н}C_{н}\frac{N}{n}$$

или

$$C_{общ} = D_{из}K_{т}\left(0,57C_{с}t_{н}N + 0,9C_{н}t_{н}\frac{N}{n}\right).$$

Суммируя экономическую эффективность технологической подготовки производства и экономию заработной платы станочников и наладчиков, можно получить общий экономи-

ческий эффект в результате внедрения в производство типовых технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Эффективность** капитальных вложений в условиях рынка: Методы расчета / В. В. Ширшова, Л. И. Мацкевич, Ю. Д. Мороз. – Мн.: НИК «Маркетинг», 1994. – 106 с.
2. **Ресурсо- и энергосберегающие** технологии в сельскохозяйственном машиностроении и ремонтном производстве / Л. М. Кожуро, А. В. Крутов, П. С. Чистосердов; Под ред. П. С. Чистосердова. – Мн.: Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2003. – 248 с.
3. **Штомпель Б. Н.** Использование показателя приведенных затрат для оценки эффективности капитальных вложений в условиях рынка // Агропанорама. – 1997. – № 2. – С. 24–25.
4. **Технологическая** оснастка / М. Ф. Пашкевич, Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро, В. М. Пашкевич. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.

УДК 621.793.74

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

*Канд. техн. наук, доц. СОКОЛОВ Ю. В., канд. техн. наук САДОХА М. А.,
инж. ПОПОК Д. А.*

Белорусский национальный технический университет

Вследствие технологических особенностей изготовления формообразующих деталей (матриц пресс-форм) плазменным напылением [1] напыленные покрытия имеют строение, отличное от компактного материала. Это – ярко выраженная слоистость структуры покрытий, наличие в них растворенных газов, оксидов металлов, повышенная пористость покрытий. Термическая обработка призвана нивелировать указанные недостатки и достичь высокой степени гомогенности структуры, существенно снизить уровень остаточных напряжений, увеличить прочность сцепления покрытий с основой (в случае, когда речь идет о защитных или упрочняющих покрытиях). Распространение получили такие виды термообработки, как оплавление [2] и отжиг [3]. Назначение операции оплавления сводится к снижению пористости покрытий, повышению их коррозионной и износостойкости. При оплавлении покрытие нагревают до температуры, находящейся меж-

ду температурами ликвидус и солидус, что приводит к неполному расплавлению материала покрытия. Образующаяся при этом жидкая фаза «пропитывает» пористый слой и создает плотное покрытие. Кроме того, происходит подплавление тонкого поверхностного слоя самой детали, что приводит к образованию переходной зоны на границе покрытие – подложка, которая представляет собой смесь материала покрытия с материалом детали. В результате значительно повышается прочность сцепления покрытия с основой. Однако в силу специфики процесса изготовления деталей напылением оплавление покрытий не всегда целесообразно и даже возможно [4]. Поэтому в случае формообразования для снятия термических напряжений и снижения ликвации по химическим элементам чаще используют отжиг [1] или термоциклическую обработку (ТЦО) [5, 6]. Определяющими силами ТЦО являются многократные структурные и фазовые превращения,