

УДК 330.4

Павленко Т.Ю.*кандидат экономических наук, доцент,
Национальный аэрокосмический университет
имени Н.Е. Жуковского «ХАИ»***Морозова О.И.***кандидат технических наук,
Национальный аэрокосмический университет
имени Н.Е. Жуковского «ХАИ»***ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССОВ
МЕЖЦЕХОВОГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
С МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫМ ХАРАКТЕРОМ ПРОИЗВОДСТВА****INFORMATION SUPPORT OF THE INTER-ECONOMIC
TECHNOLOGICAL-ECONOMIC PLANNING PROCESSES
AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES
WITH MANY-MAGNETIC-COLLECTIVE CHARACTER OF PRODUCTION****АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрены особенности организации информационной поддержки процессов технико-экономического планирования (ТЭП) на машиностроительных предприятиях с многономенклатурным характером производства. Предложена графовая модель работ, которая дает возможность учесть при планировании заказа возможные задержки начала и завершения для каждой пары работ. Приведены базовые решения по созданию диалоговой информационной системы межцехового ТЭП. Изложена методика оценки эффективности информационной поддержки процессов ТЭП в условиях многономенклатурного производства.

Ключевые слова: машиностроительное предприятие, многономенклатурное производство, технико-экономическое планирование, информационная поддержка, комплексный коэффициент результативности.

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто особливості організації інформаційної підтримки процесів техніко-економічного планування (ТЕП) на машинобудівних підприємствах із багатоменклатурним характером виробництва. Запропоновано графову модель робіт, яка дає змогу врахувати під час планування замовлення можливі затримки початку та завершення для кожної з пар робіт. Наведено базові рішення щодо створення діалогової інформаційної системи міжцехового ТЕП. Викладено методику оцінювання ефективності інформаційної підтримки процесів ТЕП в умовах багатоменклатурного виробництва.

Ключові слова: машинобудівне підприємство, багатоменклатурне виробництво, техніко-економічне планування, інформаційна підтримка, комплексний коефіцієнт результативності.

ANNOTATION

The research focuses on of the features of informational support for technical and economic planning (TEP) at machinery enterprises with high-variety production. The authors have worked out a graph model of production activities that takes into account potential delays at the beginning and at the end of order processing within every pair of activities. As a result, basic solutions have been found on how to develop and deploy interactive informational support for intershop TEP. The authors have also developed the assessment techniques to find out the efficiency of informational support for intershop TEP at machinery enterprises with high-variety production.

Keywords: machinery enterprise, high-variety production, technical and economic planning, informational support, complex efficiency factor.

Постановка проблемы. В настоящий момент наблюдается ускорение темпов развития во всех сферах человеческой деятельности, однако самые значимые изменения происходят в сфере материального производства. Указанная тенденция порождает изменение образа жизни каждого члена общества, индивидуализацию стиля его жизни, что приводит к необходимости непрерывного расширения ассортимента продукции при одновременном сокращении жизненного цикла изделия. Принцип «сделано – продано» ушел в историю, сегодня основной принцип дня заключается в том, чтобы делать только те товары и услуги, которые нужны, делать только тогда, когда нужно, и делать столько, сколько нужно [1, с. 12]. Современное предприятие должно адаптироваться к выпуску товаров небольшими партиями, причем в большом ассортименте и с частой сменой в широком диапазоне [2, с. 262].

Предприятия все чаще оказываются в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства. Острая конкурентная борьба заставляет предприятие в короткие сроки и с минимальными затратами перестраиваться на выпуск новой продукции в соответствии с запросами рынка. В этих условиях становится очевидно, что эффективность реализации производственных процессов, в частности процессов технико-экономического планирования (ТЭП), напрямую зависит от эффективности информационной поддержки (ИП) на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ) [3, с. 72–75].

Центральное место в системе управления машиностроительным предприятием с многономенклатурным характером производства занимает межцеховой уровень [4, с. 26]. Межцеховой уровень является промежуточным звеном в системе внутризаводского планирования, он тесно взаимосвязан с общезаводским и внутрицеховым уровнями. При расчетах цеховые

планы должны быть сбалансированными по объемам производства изделий и пропускным способностям исполнителей, взаимосогласованными по срокам окончания работ в соответствии с принятой технологией и организацией производства, а также обеспеченными материальными ресурсами.

На сегодняшний день при организации производства на многономенклатурных машиностроительных предприятиях с мелкосерийным характером производства возникло устойчивое противоречие, которое проявляется в недостаточной координации общезаводского и внутрицехового уровней планирования производства. Указанное противоречие порождает проблему, связанную с необходимостью разработки специальных методических средств. Применение таких средств даст возможность обеспечить эффективную информационную поддержку процессов технико-экономического планирования в условиях многономенклатурного производства как на общезаводском, так и на межцеховом и внутрицеховом уровнях.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [1–3] содержится описание решения локальных задач, связанных с организацией производства на общезаводском и внутрицеховом уровнях. Вместе с тем до настоящего момента не решена задача комплексного планирования организации информационной поддержки процесса межцехового ТЭП для многономенклатурных машиностроительных предприятий с мелкосерийным характером производства.

Цель статьи заключается в изложении основных положений подхода к организации информационной поддержки на основе применения специальной модели работ, реализованной в среде диалоговой системы поддержки процессов межцехового ТЭП в условиях многономенклатурного производства.

Исходными данными для решения задачи организации информационной поддержки процесса межцехового ТЭП являются годовая программа предприятия; квартальные и месячные планы производства цехов (в объемах производства и номенклатуре работ).

Решение задачи заключается в разработке специальной модели, а на ее основе – информационной технологии детализации перечисленных планов и формирования совокупностей задач на выполнение работ для соответствующих рабочих центров и отдельных исполнителей.

Главным условием эффективного решения указанной задачи является учет взаимосвязей показателей планов производства по уровням планирования (то есть соблюдение условия непрерывности внутризаводского планирования).

Изложение основного материала исследования. Ниже описан процесс разработки модели информатизации межцехового технико-экономического планирования в условиях многономенклатурного производства.

Для реализации межцехового ТЭП определим номенклатуру планово-учетных единиц: заказ, разрядка заказ (в пределах заказа), производственная спецификация (в пределах

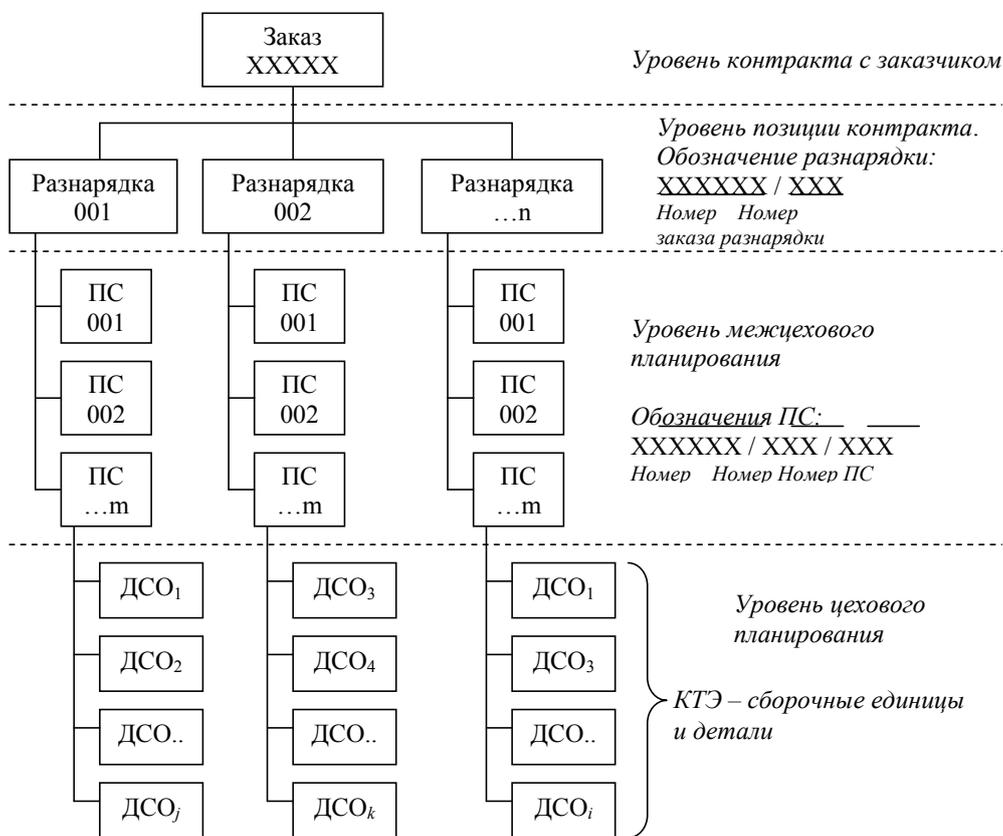


Рис. 1. Иерархия планово-учетных единиц

разнарядки заказа), конструктивно-технологический элемент (КТЭ – позиция производственной спецификации), задание на выполнение работ. Номенклатура плано-учетных единиц представляет собой иерархию (рис. 1) и характеризуется трудоемкостью выполнения работы по исполнителям.

На разнарядку заказа разрабатывается комплект производственной документации (ПД), в состав которой включаются все производственные спецификации (ПС). Производственная спецификация представляет собой комплект сведений, сформированных по определенным производственным признакам, в которых значатся конструктивно-технологические элементы, а именно изделия (комплекты, сборочные единицы, детали) и их количество, которые необходимы для комплектования разнарядки заказа, а по каждому изделию имеются его расцеховка (маршрут прохождения по цехам) и виды работ по цехам, нормы потребности в основных (на изделие) и вспомогательных (для обеспечения выполнения технологических процессов) материалах.

Отражение в модели иерархичности взаимосвязей плано-учетных единиц является принципиально важным моментом для адекватного моделирования многономенклатурного единичного производства сложных изделий с большой глубиной вложения составных частей (сборочные единицы, комплекты, детали, покупные изделия и материалы).

Исходя из изложенного, наиболее целесообразно моделировать производственный процесс изготовления оборудования для комплектного объекта на межцеховом уровне, начиная с этапа технической подготовки производства. Модель целесообразно представить в форме одноуровневого детерминированного сетевого графа. Работой в данной модели является плано-учетная единица межцехового уровня; производственная спецификация представляет собой совокупность работ конструктивно-технологических элементов, которые входят в нее. Построение модели необходимо осуществлять на каждый заказ в терминах работ. Взаимосвязи между КТЭ и ПС должны быть альтернативными и разнообразными, они должны обеспечить описание технологического процесса и организации производства.

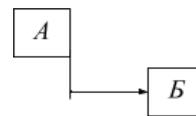
В состав ПС, если это целесообразно, может входить только один КТЭ, особенно в том случае, когда этот КТЭ имеет относительно долгосрочный производственный цикл. Рассмотрим базовые варианты взаимосвязи между парами работ *A* и *B* (рис. 2).

На основе этих вариантов могут быть реализованы различные модификации. Одним из подходов реализации является введение понятия «задержки».

Если принять для варианта 2 связь между работами *A* и *B* «начало – начало», то это означает, что одновременно с работой *A* начинается работа

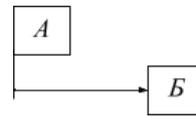
B. Однако работа *B* может начинаться с некоторой задержкой после начала работы *A* (рис. 3).

Вариант 1



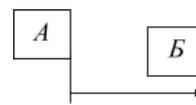
Конец работы *A* – Начало работы *B*

Вариант 2



Начало работы *A* – Начало работы *B*

Вариант 3



Конец работы *A* – Конец работы *B*

Рис. 2. Варианты взаимосвязей между парами работ

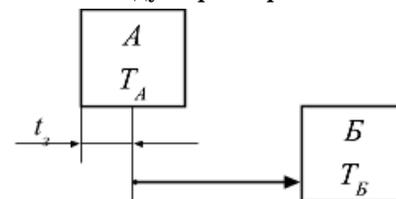


Рис. 3. Модификация варианта «начало – начало»

Работа *B* продолжительностью T_B начинается с началом работы *A* длительностью T_A с задержкой. При этом на продолжительность задержки t_c ограничения не накладываются. Так, например, задержка может быть $t_c < T_A$ или $t_c \geq T_A$. Аналогичные модификации можно рассмотреть для вариантов 1, 3, вводя в эти варианты задержку t_c .

Работа в КТЭ представляет собой совокупность технологических операций, выполняемых цехами в процессе изготовления КТЭ. Необходимо отметить, что суммарная трудоемкость технологических операций КТЭ равна трудоемкости КТЭ, а сумма трудоемкости КТЭ равна трудоемкости ПС. Последовательность выполнения технологических операций в составе КТЭ определяется технологией и имеет определенную зависимость от ПС, производственного состава и структуры заказа, которые в совокупности дают производственную модель заказа. Комплект КТЭ, который составляет производственную спецификацию, представляет собой элемент сетевого графика производственной модели заказа.

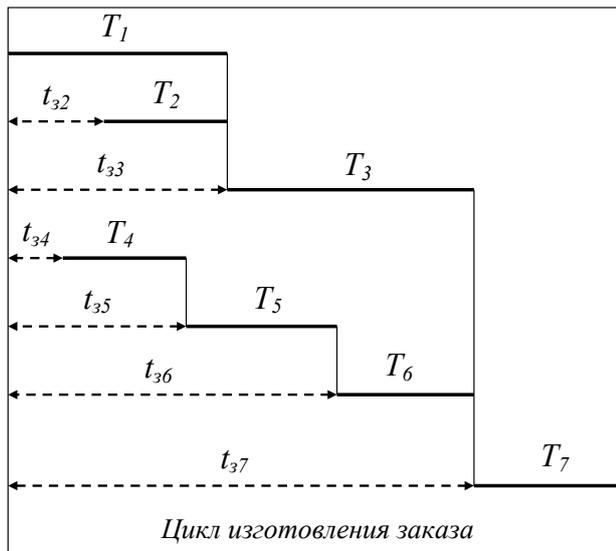
Каждый элемент из множества КТЭ характеризуется следующими параметрами:

1) планируемый цикл изготовления – время (в часах или днях) в течение которого должен быть изготовлен комплект КТЭ, составляющий ПС;

2) планируемая трудоемкость изготовления по видам работ и группам рабочих центров (в нормированных часах);

3) планируемое время задержки начала изготовления относительно даты запуска заказа в производство (в часах или днях).

Сроки изготовления как всего заказа, так и его производственного состава отражаются на сетевом графике с использованием различных связей ПС (рис. 4). Планируемые циклы изготовления комплектов КТЭ ($T_1 - T_7$) учитывают время на межцеховые транспортировки КТЭ на технологическом маршруте, а также межоперационный простой КТЭ в цехах при их изготовлении.



Планируемые циклы изготовления комплектов КТЭ: $T_1 - T_7$

Планируемые задержки: $t_{32} - t_{37}$

Рис. 4. Взаимосвязи производственных спецификаций

Создание и развертывание диалоговой системы информационной поддержки процессов межцехового ТЭП в условиях многоменклатурного производства предполагает формирование набора базовых решений.

В процессе функционирования диалоговой системы информационной поддержки (ДСИП) должно быть предусмотрено хранение в базе данных следующей информации:

- о составе изделий, технологических маршрутах изготовления узлов и деталей изделий с учетом наличия оборудования;
- о нормах расхода материала и технологических нормативах на деталь, узел, производственную спецификацию;
- об оборудовании, технологической оснастке и инструменте, которые необходимы для изготовления (сборки) изделия.

Многие функции в ДСИП могут быть реализованы за счет применения типовых методик и алгоритмов. Например, при нормировании материалов существует возможность сделать выбор исходной заготовки, расчет поддетальных норм, расчет расхода материалов для гальвани-

ческих покрытий, основных и вспомогательных материалов для лакокрасочных покрытий, расчет сводных норм расхода материала на изделие с помощью соответствующих функциональных модулей ERP-системы.

Согласно заявкам на технологическое оснащение (ТО) в ДСИП должны формироваться портфель заказов ТО, проверяется наличие инструмента на центральном инструментальном складе, осуществляются закупка инструмента, если его количество недостаточно или если организуется его изготовление в инструментальном цехе предприятия. В процессе функционирования ДСИП в ее базе данных формируется информация, которая дает возможность в дальнейшем решать задачи оперативного управления производством, получать расчеты потребности в материалах, определять загрузку цехов, вести учет складского хозяйства, определять цену готовой продукции.

В ДСИП должна быть предусмотрена возможность контроля за ходом выполнения плановых заданий цехами на этапах запуска деталей и сборочных единиц в производство и их передачи в следующий цех по технологическому маршруту для дальнейшей обработки.

Для реализации указанной выше функции ДСИП необходима разработка специальной методики оценки эффективности информационной поддержки процессов технико-экономического планирования в условиях многоменклатурного производства.

Оценка эффективности ИП процессов межцехового ТЭП на практике представляет собой самостоятельную комплексную задачу, поскольку внедрение ИП не только приводит к адаптации предприятия в динамично изменяющихся социально-экономических условиях, но и дает чисто технологическое преимущество, которое в итоге обеспечивает значительное увеличение прибавочной стоимости продукции. Кроме того, ИП дает возможность реализации многих, ранее не доступных для автоматизации, информационных и технологических операций [5, с. 182]. Таким образом, внедрение ИП дает не только экономический, но и технический и социальный эффекты, чем способствует общему прогрессу общества. Однако высокая стоимость средств ИП со сравнительно короткими сроками морального их износа удерживают в нерешительности многих руководителей и предпринимателей [5, с. 201]. Чтобы обосновать необходимость внедрения ИП в производство, необходимы соответствующие расчеты. Сегодня известно большое количество методик экономических расчетов от внедрения информационных технологий в производство [6, с. 81–89], но они не учитывают главной специфики многоменклатурного производства – коротких сроков подготовки производства и минимальных затрат на изготовление продукции. При этом качество продукции должно оставаться высоким, а сама продукция быть конкурентной. Изложенные

обстоятельства определили необходимость разработки новой методики расчета результативности внедрения ИП в производство, основанной на понятии жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Рассмотрим основные этапы ЖЦИ на машиностроительном предприятии:

- 1) проектирование изделия;
- 2) разработка технологических процессов изготовления изделия;
- 3) проектирование технологической оснастки;
- 4) изготовление технологической оснастки;
- 5) закупка материалов и комплектующих изделий;
- 6) изготовление изделия;
- 7) испытание изделия.

Все эти этапы проходят за определенный промежуток времени, который влияет на общий срок изготовления изделия, на каждом этапе предприятие несет определенные затраты, которые влияют на общие затраты на производство. Взаимосвязи сроков и затрат по этапам ЖЦИ приведены на рис. 5, где В – затраты; Т – сроки; индексы букв В и Т: а – проектирование изделия, b – разработка технологических процессов изготовления изделия, с – проектирование технологической оснастки, d – материально-техническое обеспечение, e – изготовление технологической оснастки, f – изготовление изделия, g – испытание изделия.

На каждом этапе ЖЦИ возможно применение информационных технологий [7, с. 133; 8, с. 84], которые влияют как на сроки этапов, так и на расходы по этапам.

В расчетах будем учитывать только те статьи затрат, на которые влияет внедрение ИП. Отношение показателей Т и В до (без верхнего индекса) и после (верхний индекс – IT) внедрения в производство ИП дает коэффициенты результативности, которые приведены в табл. 1.

Комплексный коэффициент результативности внедрения ИП в производство такой:

$K = \sum k_B \cdot \sum k_T$. Рост этого коэффициента по плановым периодам указывает на то, что внедрение ИП в производство дает экономию ресурсов предприятия, снижает себестоимость изготовления продукции.

Таблица 1

Коэффициенты результативности внедрения в производство ИП

Этап ЖЦИ	Коэффициент результативности затрат	Формула коэффициента результативности затрат	Коэффициент результативности срока	Формула коэффициента результативности срока
Проектирование изделия	k_{Ba}	B_a/B_a^{IT}	k_{Ta}	T_a/T_a^{IT}
Разработка ТП	k_{Bb}	B_b/B_b^{IT}	k_{Tb}	T_b/T_b^{IT}
Проектирование ТО	k_{Bc}	B_c/B_c^{IT}	k_{Tc}	T_c/T_c^{IT}
Материально-техническое обеспечение	k_{Bd}	B_d/B_d^{IT}	k_{Td}	T_d/T_d^{IT}
Изготовление ТО	k_{Be}	B_e/B_e^{IT}	k_{Te}	T_e/T_e^{IT}
Изготовление изделия	k_{Bf}	B_f/B_f^{IT}	k_{Tf}	T_f/T_f^{IT}
Испытание изделия	k_{Bg}	B_g/B_g^{IT}	k_{Tg}	T_g/T_g^{IT}
	$\sum k_B$		$\sum k_T$	

В качестве иллюстративного примера реализации описанных теоретических результатов выполнен расчет коэффициента результативности от внедрения ИП при организации производства на Снежнянском машиностроительном заводе АО «Мотор Сич» малогабаритных мотопомп. Информационная поддержка была применена при проектировании изделия, разработке технологических процессов, проектировании технологической оснастки, в процессе ТЭП цеха № 8.

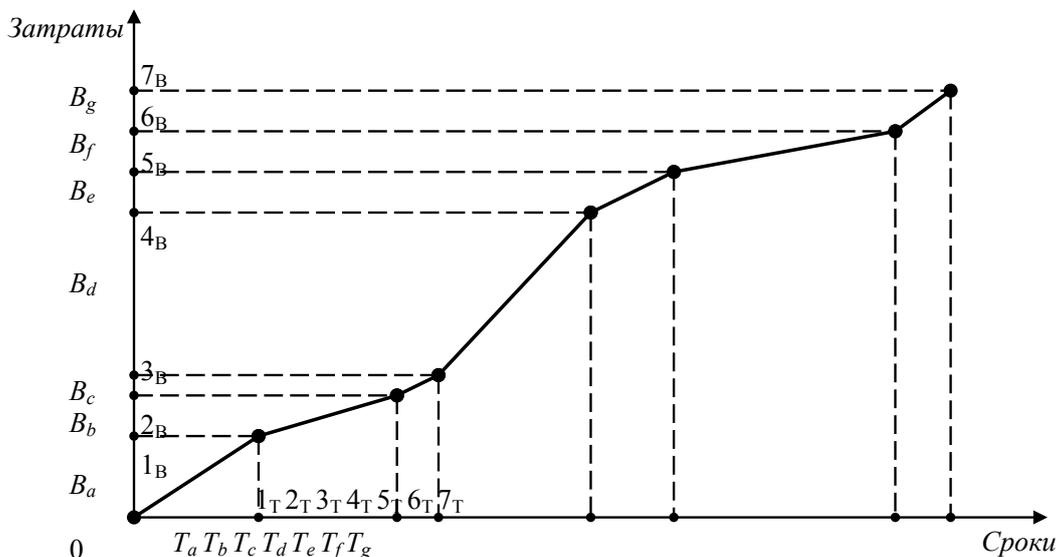


Рис. 5. Взаимосвязи сроков и затрат на этапах жизненного цикла изделия

Сроки выполнения работ составили: разработка проекта – 52 дня при планируемых 60 днях; разработка ТП – 16 дней при планируемых 30 днях; проектирование ТО – 18 дней при планируемых 20 днях; затраты времени на формирование документов по ТЭП производства заготовок в цехе № 8 – 3 дня при плановых 5 днях.

Основные расходы по вышеуказанным работам составляет заработная плата работников соответствующих подразделений. Расчет затрат приведен в табл. 2.

Таблица 2
Расчет затрат на выполнение работ
работниками

Виды работ	Средняя заработная плата работников, грн.	До внедрения ИП		С внедрением ИП	
		Количество людей	Расходы, тыс. грн.	Количество людей	Расходы, тыс. грн.
Проектирование изделия	3 500	86	18 060	86	15 652
Разработка ТП	2 800	115	9 660	98	4 390
Проектирование ТО	2 800	45	2 520	45	2 268
Оперативное управление	2 000	18	180	10	60

Затраты на внедрение ИП составили: разработка проекта – 38 тыс. грн.; разработка ТП – 29 тыс. грн. Расчет коэффициентов результативности от внедрения ИП при организации производства малогабаритных мотопомп приведены в табл. 3.

Таблица 3
Расчет коэффициентов результативности
от внедрения ИП

Этап ЖЦИ	Затраты		Сроки	
	Коэффициент	Значение коэффициента	Коэффициент	Значение коэффициента
Проектирование изделия	k_{Ba}	1,15	k_{Ta}	1,15
Разработка ТП	k_{Bb}	2,18	k_{Tb}	1,88
Проектирование ТО	k_{Bc}	1,11	k_{Tc}	1,11
Изготовление изделия	k_{Bf}	3	k_{Tf}	1,67
	$\sum k_B$	7,44	$\sum k_T$	5,81

Комплексный коэффициент результативности внедрения ИП в производство такой:

$K = \sum k_B \cdot \sum k_T = 7,44 \times 5,81 = 43,2$. Рост показателя в следующем плановом периоде будет указывать на рост эффективности внедрения ИП в производство.

Выводы. На основе проведенного исследования можно сделать такие выводы:

1) для эффективной информационной поддержки процессов технико-экономического планирования в условиях многономенклатурного производства целесообразно использовать специальные модели работ, которые дают возможность учета и коррекции временных задержек;

2) информационная поддержка процессов межцехового ТЭП в условиях многономенклатурного производства может быть реализована с помощью специальной диалоговой системы, в состав которой должен входить универсальный модуль прикладных программ для выполнения вычислительных функций, а также сервисные модули информационного поиска, которые позволяют выполнять соответствующие операции выборки, сортировки, ввода и корректировки нормативно-справочной и производственной информации;

3) введение комплексного коэффициента результативности позволило разработать новую методику оценки результата внедрения информационной поддержки процессов межцехового ТЭП в условиях многономенклатурного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

- Норенков И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
- Логистика: Интеграция процессов с помощью ERP-системы / [И.В. Балахонова, С.А. Волчков, В.А. Капитулов]. – М.: Приоритет, 2006. – 464 с.
- Квасников В.П. Автоматизированная система управления многономенклатурного машиностроительного производства / В.П. Квасников, С.А. Дорошенко // Вісник Інженерної академії України. – 2007. – № 2. – С. 72–75.
- Усольцев А.А. Информационные системы в экономике / А.А. Усольцев. – Новокузнецк, 2009. – 69 с.
- Иванов А.А. Автоматизация технологических процессов и производств / А.А. Иванов. – М.: ФОРУМ, 2011. – 224 с.
- Гавва В.Н. Оценка потенциала предприятия и отрасли / В.Н. Гавва. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – 287 с.
- Информационные ресурсы и технологии в экономике: [учебное пособие] / под ред. Б.Е. Одинцова, А.Н. Романова. – М.: Инфра-М, 2013. – 462 с.
- Информационные системы и технологии управления: [учебник для вузов] / под ред. Г.А. Титоренко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2011. – 591 с.