

Посилання на статтю

Король В.Н. Концептуальные подходы к повышению эффективности современного самолетостроительного производства / В.Н. Король // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СЛУ ім. В.Даля, 2004. – № 4(12).- С.5-15. Режим доступу: <http://www.pmdp.org.ua/>

УДК 656.7.076

В.Н. Король

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННОГО САМОЛЕТОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Предложены и проанализированы концептуальные подходы к повышению эффективности современного самолетостроительного производства. Рассмотрены основные параметры технологической подготовки производства (ТПП): длительность ТПП, затраты труда и затраты средств. Предложены математические модели для описания взаимосвязи параметров ТПП и оптимизации их значений. Рис. 5, ист. 21.

В.М. Король

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНОГО ЛІТАКОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Запропоновані і проаналізовані концептуальні підходи щодо підвищення ефективності сучасного літакобудівного виробництва. Розглянуто основні параметри технологічної підготовки виробництва (ТПВ): тривалість ТПВ, витрати праці і витрати коштів. Запропоновані математичні моделі для описання взаємозв'язку параметрів ТПВ і оптимізації їх значень. Рис.5, дж.21.

V.N. Korol

CONCEPTUAL APPROACHES TO EFFICIENCY IMPROVEMENT IN MODERN AIRCRAFT MANUFACTURE

Conceptual approaches to improving modern aircraft manufacturing efficiency are suggested and analyzed. Major of technological production preparation (TPP) parameters are considered including TPP duration, labor and financial inputs. Mathematical models describing relations between TPP parameters and their values optimization are presented.

Постановка и исследование проблемы. Авиастроение является одной из наиболее сложных и наукоемких отраслей машиностроения Украины. В этой отрасли широко используются межотраслевые и межгосударственные поставки, в которых участвуют десятки предприятий различных отраслей промышленности Украины, стран СНГ и дальнего зарубежья.

Высокие темпы технического прогресса авиационной техники на основе новейших научных достижений приводят к постоянному совершенствованию конструкций.

Для авиационной промышленности в целом характерны следующие особенности [1]:

– широкая внутриотраслевая и межотраслевая кооперация, большое число соисполнителей в процессе проектирования, изготовления и испытаний изделий;

- малая серийность и частая сменяемость изделий в производстве;
- высокая маневренность, дающая возможность резкого увеличения масштабов производства в кратчайшие сроки;
- разнообразие и сложность технологических процессов, требующие проведения экспериментальных и научно-исследовательских работ;
- короткие сроки и большой объем подготовки и освоения серийного производства;
- непрерывное повышение требований к качеству, надежности, ресурсу изделий, а также к культуре производства;
- жесткость тактико-технических требований к массовым (весовым) и эксплуатационным характеристикам изделий;
- повышенная персональная ответственность исполнителей за проведение производственных операций;
- применение новых конструкционных и функциональных материалов;
- комплексный контроль систем и изделий в целом;
- применение высокопроизводительного специального и специализированного оборудования, агрегатных станков и станков с программным управлением.

Нерешенные ранее части общей проблемы. В то же время после развала СССР перед авиастроением Украины возник ряд новых, не имевших места при плановой экономике, проблем, среди которых необходимо отметить:

- недостаточную эффективность управления авиационной промышленностью министерством, которая могла бы быть существенно повышена созданием холдинга [2];
- отсутствие внутреннего рынка авиационной техники (АТ);
- отсутствие единой нормативной базы;
- сложный выход на внешний рынок АТ вследствие слабо гармонизированной с мировыми стандартами нормативной базы.

Переход Украины к рыночной экономике требует существенного пересмотра сложившейся десятилетиями системы организации самолетостроительной отрасли, ориентации авиационного производства на существующие в мировой практике принципы управления для обеспечения прибыли от успешной реализации продукции.

Цель статьи. В связи с этим обретают актуальность новые концептуальные подходы, обеспечивающие эффективность современной самолетостроительной промышленности уже на этапе технической подготовки производства (ТПП) продукции, что и явилось целью данной статьи.

Основная часть исследования. Как известно [1], ТПП включает в себя объем работ от начала проектирования самолета до его серийного производства.

При этом критериями эффективности ТПП, выражающимися интегрально в снижении стоимости работ по изготовлению самолетов при обеспечении их рыночного качества, являются [3]:

- срок (длительность) ТПП – T ;
- затраты труда, т.е. себестоимость ТПП – $C_{техн}$;
- затраты средств (инвестиции) в ТПП – I .

В [3] указывается, что эффективной ТПП отвечают минимальные значения T , $C_{техн}$, I .

В то же время эти параметры взаимосвязаны между собой. Определяющим (целевым) из этих параметров является длительность ТПП T , так как она определяет успех продажи самолета на рынке, его конкурентоспособность: чем

раньше он может быть предложен покупателю, тем (при прочих равных условиях) большая вероятность его продажи по цене прайс-листа, как правило, превышающей фактически цены на продажи изделия на 15...30 %.

Таким образом, взаимозависимость между параметрами T , $C_{техн}$, I можно представить в виде:

$$T = f(C_{техн}, I) . \quad (1)$$

Перейдем к качественному анализу (1).
Очевидно, что имеет место зависимость

$$C_{техн} = f(I) . \quad (2)$$

Чем больше инвестиции в подготовку производства, тем лучше само производство оснащено современным оборудованием, что способствует снижению себестоимости ТПП (в первую очередь по зарплате):

$$C_{техн} \downarrow \subset I \uparrow . \quad (3)$$

Направление стрелки указывает снижение (вниз) или рост (вверх) параметра, стоящего справа (определяющего) при соответствующем изменении параметра, стоящего слева (определяемого), (\subset – символ соответствия).

Очевидно также, что качественную связь параметров зависимости (1) можно представить в виде:

$$T \downarrow \subset C_{техн} \uparrow, I \uparrow . \quad (4)$$

Качественные зависимости (3) и (4) в общем случае, по-видимому, нелинейные. Кроме того, логично предположить, что градиент снижения $C_{техн}$ будет уменьшаться с ростом I и при каком-то его значении дальнейший рост I практически не вызовет снижения $C_{техн}$, т.е. последнее будет асимптотически стремиться к некоторому пределу (рис. 1).

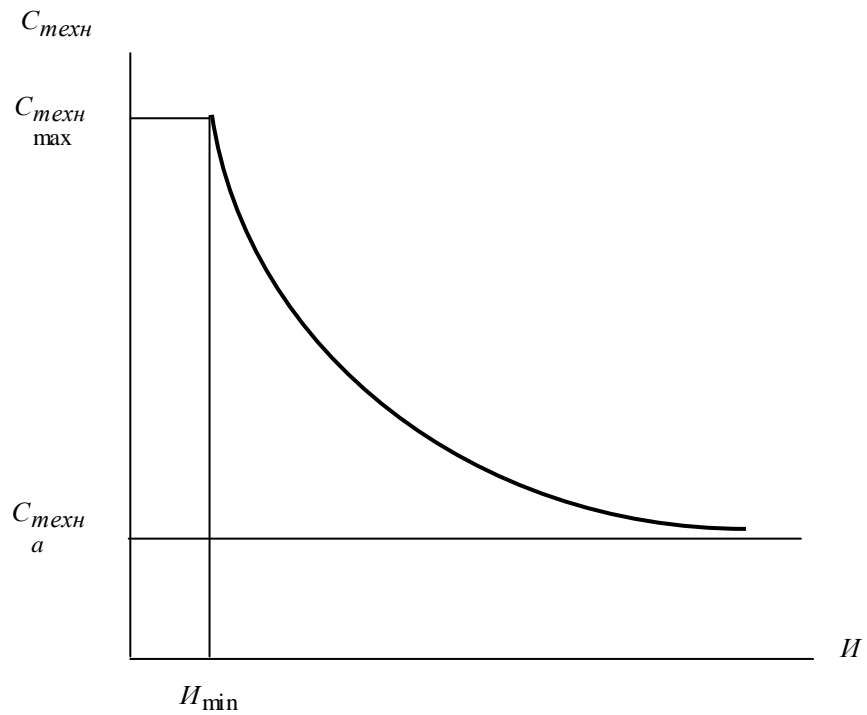


Рис. 1. Прогнозируемая зависимость $C_{техн} = f(I)$.

На графике рис. 1 $C_{техн_max}$ соответствует минимальному значению инвестиций $I_{min} > 0$, при котором вообще возможна ТПП нового самолета. Простейший вид зависимости рис. 1 можно представить как

$$C_{техн} = \frac{A}{I} , \quad (5)$$

где I – некоторая константа.

Рассуждения, аналогичные приведенным выше, реализуются качественно зависимостью, следующей из (4) и имеющей простейший вид (рис. 2)

$$T = \frac{B}{IC_{техн}} , \quad (6)$$

где B – некоторая константа.

Здесь длительность ТПП T_{max} соответствует минимальному значению инвестиций $I_{min} > 0$, при котором возможна ТПП нового самолета.

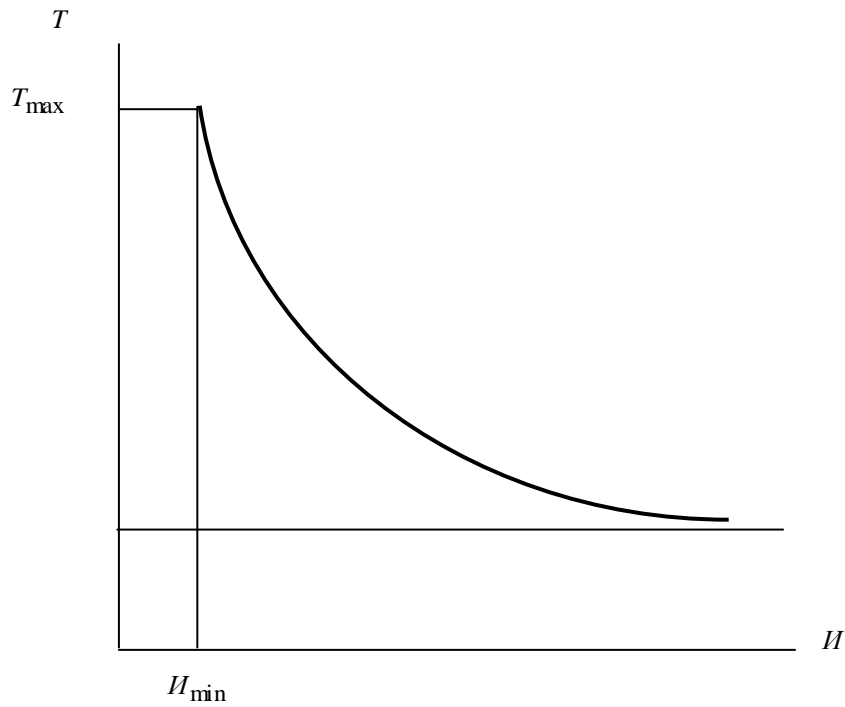


Рис. 2. Прогнозируемая зависимость $T = \chi(I)$.

Однако, подставляя в (6) значение I из (5), приходим к выражению

$$T = \frac{B}{A} = const , \quad (7)$$

что не соответствует (4).

Следовательно, простейшими зависимостями (5) и (6) качественная зависимость (4) не может быть выражена.

Отсюда вместо зависимости (5) необходимо принять

$$C_{техн} = \frac{A}{I^a} , \quad (8)$$

а вместо (6)

$$T = \frac{B}{I^b C_{техн}^d} , \quad (9)$$

где a, b, d – положительные константы.

Тогда, подставляя в (9) I из (8), получим:

$$T = \frac{B}{A^a} \cdot C_{техн}^{\left(\frac{b}{a} - d\right)} . \quad (10)$$

Условием соответствия (10) зависимости (4) является

$$\frac{b}{a} < d. \quad (11)$$

При таких условиях зависимость (9) имеет полное качественное согласование с (4).

Для установления констант B , b и d в зависимости (9) необходимо иметь статистические данные для трех различных самолетов, по которым известны все три параметра T , I и $C_{техн}$.

Рабочая зависимость (9) будет тем точнее, чем ближе условия (производственная обстановка) предприятия-производителя нового самолета к тем условиям, при которых использовались данные по T , I и $C_{техн}$ для определения констант, входящих в (9).

Очевидно, что для этих целей должны использоваться данные мировых фирм первого эшелона [4], успехи которых свидетельствуют об оптимальности достигнутых ими параметров T , I и $C_{техн}$.

Такой подход соответствует устремлениям авиационной промышленности Украины на мировые рынки продаж.

При регламентировании T из конъюнктурных (стратегических) соображений предприятие-производитель, зная свои возможности по реализации минимального значения себестоимости ТПП $C_{техн}$, может рассчитать необходимый объем инвестиций для создания нового самолета.

Очевидно, зависимость (9) будет иметь ряд наборов констант B_i , b_i и d_i :

– для различных классов самолетов (истребитель, бомбардировщик, пассажирский и т.д.);

– для различных категорий каждого класса (легкий, средний, тяжелый, сверхтяжелый);

– для различной степени новизны относительно прототипа (модификация, глубокая модификация, новый самолет).

В случае пяти классов, четырех категорий и трех степеней новизны число вариантов наборов констант равно $C_{12}^3 = \frac{12!}{3!(12-3)!} = 220$.

Число вариантов значительно сокращается для корпорации (фирмы-производителя), специализирующейся на выпуске самолетов одного класса (например, пассажирских), двух категорий (например, средние и тяжелые) и трех степеней новизны – $C_6^3 = \frac{6!}{3!(6-3)!} = 20$.

По-видимому, зависимость (9), полученная на основе обобщенных данных мировой статистики, может служить только некоторым ориентиром для оценки потенциальных возможностей фирмы-производителя.

Наборы же параметров B_i , b_i и d_i , уточненные по статистическим данным собственно фирмы-производителя, являются наиболее точными и, по-видимому, не подлежат оглашению как данные, относящиеся к коммерческой тайне (экономическому секрету).

Необходимость зависимости (9) состоит в ее прямом или косвенном использовании для выработки концепции максимальной или возможной эффективности производства.

1. Если стратегические интересы фирмы-производителя состоят в минимальной (регламентированной) длительности изготовления самолета $[T]$, то зависимость (9) позволяет определить:

– необходимые инвестиции $I_{номпр}$ при располагаемой себестоимости ТПП $C_{техн}$ либо из зависимости типа (8) (если она известна), либо из (9):

$$I_{номпр} = \left(\frac{B}{C_{техн}^d} \right)^{\frac{1}{b}} \cdot \frac{1}{[T]}; \quad (12)$$

– при располагаемом объеме инвестиций $I_{расп}$ регламентировать себестоимость ТПП $[C_{техн}]$:

$$[C_{техн}] = \left(\frac{B}{[T]} \right)^{\frac{1}{d}} \cdot I_{расп}^{-\frac{b}{a}}. \quad (13)$$

2. Если фирма-производитель, располагая определенными инвестициями $I_{расп}$, желает оценить рынок продаж ко времени выпуска самолета T , то время T определяется непосредственно из (9) при располагаемой себестоимости ТПП $C_{техн}$ и $I_{расп}$.

Отметим определенную целесообразность трансформации зависимостей (5) - (10) в безразмерные, отнеся параметры T , $C_{техн}$ и I к некоторым их базовым значениям, выбор которых может основываться на различных соображениях.

Использование этих зависимостей в безразмерном виде исключает формальную некорректность, связанную как с дробными размерностями, так и с необходимостью оговаривания единиц измерения $C_{техн}$, I и T .

Минимально оправданную продолжительность ТПП T_{min} можно определить непосредственно известными методами поиска условного экстремума поверхности (9) при фиксированных (заданных) приращениях $[\Delta I]$ и $[\Delta C_{техн}]$ (рис. 3).

Будем считать, что фиксирована продолжительность ТПП T_{min} , тогда аналитическое выражение циклового графика ТПП (рис. 4) может быть представлено в виде:

$$T_{min} = \sum_{i=1}^n (T_i + \Delta_i^{\oplus}), \quad (14)$$

где T_i – длительность i -го этапа работ в цикле ТПП;

Δ_i^\oplus – положительное (в сторону увеличения цикла) приращение времени от конца i -го этапа до конца $(i+1)$ -го этапа, т.е. простой между концами соседних этапов T_i и T_{i+1} .

Выражение (13) по аналогии с уравнением существования самолета Болховитинова можно назвать уравнением реализуемости производственного цикла.

Оно также может быть представлено в безразмерном виде

$$1 - \sum_{i=1}^n (\bar{T}_i + \bar{\Delta}_i^\oplus) \geq 0. \quad (15)$$

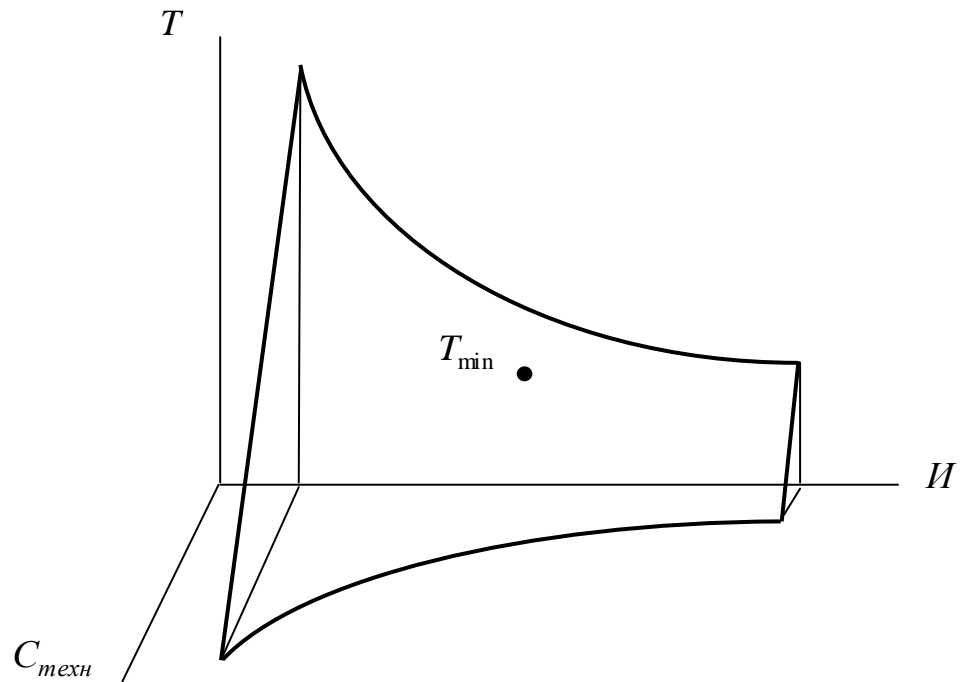


Рис. 3. Условный минимум T_{min} поверхности (9).

Располагая статистическими данными по \bar{T}_i , можно установить относительные простои $\bar{\Delta}_i^\oplus$ и их сумму. Анализ относительных простоев показывает, что их причиной является неготовность предшествующего более длительного этапа к непрерывной реализации последующего.

Для более ранней реализации предшествующего (без изменения его длительности) и (или) последующего этапа необходимо принятие принципиально нового директивного решения на базе подкрепляющего его технического.

Таким конструктивно-технологическим решением (КТР) является введение в технологическую систему макета агрегата или узла, необходимого для ее восстановления - выполнения последующего этапа с заменой этого макета на натурный агрегат или узел после изготовления последнего.

В современных условиях широкого внедрения в самолетостроении компьютерных технологий [5,6] реализация такого КТР существенно облегчается возможностями создания (или наличием) компьютерных твердотельных моделей как всего самолета, так и его агрегатов и узлов.

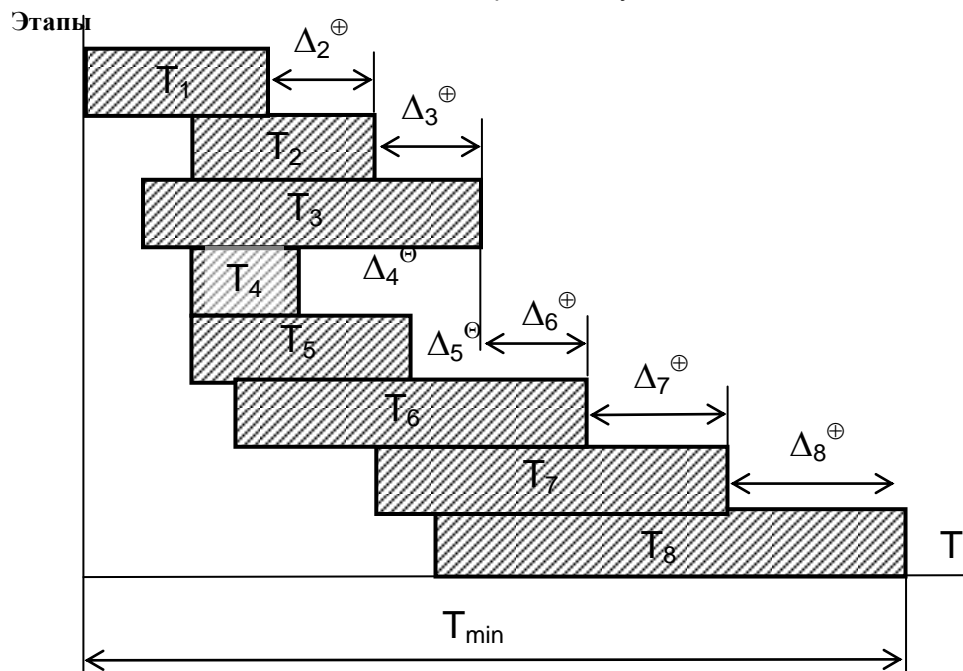


Рис. 4. Условный цикловой график.

Именно реализация этих возможностей на АНТК «Антонов» позволила значительно сократить длительность сборки фюзеляжа самолета Ан-148 временной заменой центроплана его макетом (рис. 5), а также рядом макетных узлов, натурные аналоги которых не были поставлены своевременно на стапельную сборку фюзеляжа по объективным или субъективным причинам.

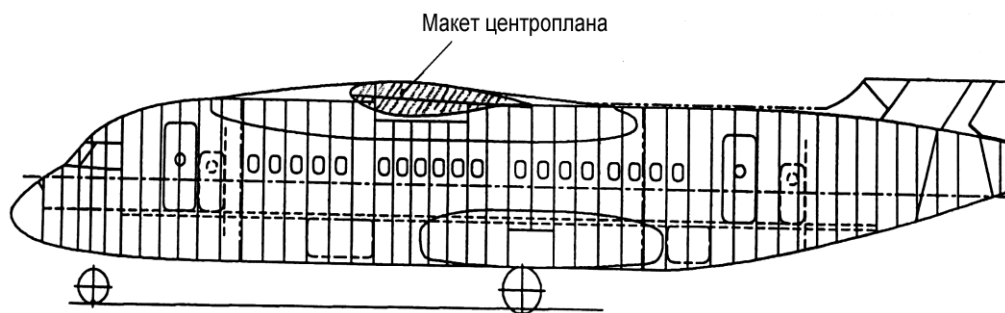


Рис. 5. Схема стапельной сборки фюзеляжа первого самолета Ан-148 головной серии с макетным центропланом

Следует отметить, что реализация в практике создания современных самолетов в условиях корпоративного производства [7, 8] принципа сборки при неполном наличии необходимых для нее узлов и (или) агрегатов с временной заменой их макетами представляется концептуальной и может или должна предусматриваться в ТПП.

Выше рассмотрен пример сокращения относительного простоя $\bar{\Delta}_i^{\oplus}$ за счет реализации принципа сборки изделия при неполном наличии агрегатов (узлов) временной заменой их макетами.

Следует проанализировать также возможное сокращение относительной длительности этапов работ в цикле \bar{T}_i . В этом аспекте следует отметить, что сокращению \bar{T}_i способствует кооперация в рамках различных форм производственных объединений. Например, кооперация по производству самолетов Ан-148 головной партии и серийного производства самолетов Ан-70 позволяет прогнозировать существенное сокращение производственного цикла.

Второй составляющей общей концепции повышения эффективности производства является широкое внедрение технологических процессов, позволяющих значительно снизить затраты труда, энергетических ресурсов и времени. Так, внедрение технологических процессов изготовления унифицированных элементов и самих высокоресурсных трубопроводов на АНТК «Антонов» и ХГАПП позволило на 40...60 % снизить трудоемкость, повысить до 0,7...0,8 коэффициент использования материала, на 35...40 % сократить энергоемкость процессов ТПП и в основном производстве [9,10]. Примеры можно было бы продолжить.

Важными составляющими концепции оптимизации длительности цикла ТПП и производства по себестоимости и объему инвестиций являются:

- наращивание объемов и определяющей роли информационных и компьютерных технологий в ТПП и производстве [5, 6, 11, 12];
- перманентное совершенствование системы управления организацией ТПП и производством, а также качеством продукции [13-18];
- широкое внедрение новых высокоэффективных материалов и сплавов [19-21].

Выводы. Предложенные и проанализированные выше концептуальные подходы, как показал опыт их частичной реализации на АНТК «Антонов», являются существенным потенциалом повышения эффективности современного самолетостроительного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Братухин А.Г., Калачанов В.Д. Научно-техническая продукция: организационные и экономические проблемы разработки. – М.: Машиностроение, 1993. – 320 с.
2. Король В.Н. Об объективных предпосылках и реализуемости преобразования организационной структуры авиационного производства Украины в современных условиях // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. Сб. науч. трудов нац. аэрокосмич. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков: НАКУ ХАИ, 2001. – Вып. 27(4). – С. 6-17.
3. Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов. – М.: Машиностроение, 1976. – 260 с.
4. Кривов Г.А., Матвиенко В.А., Щербак А.А. Производство пассажирских и транспортных самолетов в 1998-2000 гг. Аналитический обзор.- К.: Техніка, 2001. – 148 с.
5. Король В.Н. Компьютеризация авиационного производства // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Под ред. П.В. Балабуева, В.А. Богуслаева, А.Г. Братухина, Г.А. Кривова. – К.: Техніка, 2001. – С. 98-105.

6. Информационные и компьютерные технологии в подготовке и проведении масштабных ремонтных работ по восстановлению авиационной техники // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Сб. науч. тр. нац. аэрокосмич. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ, 2002. – Вып. 16. – С. 34-39.
7. Король В.Н. Об эффективности ремонтно-восстановительных работ в современных условиях корпоративно-индустриального развития авиационного производства // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. трудов нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2001. – Вып. 26(3). – С. 6-11.
8. Король В.Н., Верховодова Л.Т. Концепция создания международного консорциума «Средний транспортный самолет» // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. Сб. науч. трудов нац. аэрокосмич. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков: НАКУ ХАИ, 2002. – Вып. 30(3). – С. 6-27.
9. Бычков С.А., Король В.Н. Конструктивно-технологические принципы создания высокоресурсных трубопроводных систем и технологии раскроя заготовок при изготовлении их унифицированных элементов // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. трудов нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков: НАКУ ХАИ, 2003. – Вып. 32(1). – С. 7-13.
10. Бычков С.А., Король В.Н. Концепция формообразования тонкостенных труб и крутоизогнутых патрубков для трубопроводных систем самолета и ее реализация // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. трудов нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков ХАИ, 2003. – Вып. 18.
11. Балабуев П.В. Глобальная информация – прорыв информационных (компьютерных) технологий // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Под ред. П.В. Балабуева, В.А. Богуслаева, А.Г. Братухина, Г.А. Кривога. – К.: Техніка, 2001. – С. 64-83.
12. Балабуев П.В., Матусевич В.И. Стратегия и практика АНТК «Антонов» в создании самолетов «Ан» на основе полного электронного определения изделия // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Под ред. П.В. Балабуева, В.А. Богуслаева, А.Г. Братухина, Г.А. Кривога. – К.: Техніка, 2001. – С. 84-97.
13. Балабуев П.В. Политика в области качества авиационного научно-технического комплекса им. О.К. Антонова // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. трудов гос. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ, 2000. – Вып. 18(1). – С. 6-8.
14. Король В.Н. Система обеспечения качества продукции как важнейшая составляющая научных основ организации самолетостроительного производства // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. трудов гос. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ, 1999. – Вып. 15. – С. 6-16.
15. Король В.Н. О связи показателей качества и эффективности авиационной техники // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. трудов гос. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков: ГАКУ ХАИ, 1999. – Вып. 17(4). – С. 6-12.
16. Балабуев П.В., Король В.Н., Максаков П.П. Организационная и функциональная структуры системы управления качеством авиационной техники Украины // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. трудов гос. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков: ГАКУ ХАИ, 2000. – Вып. 18(1). – С. 8-21.
17. Король В.Н. Качество технологической подготовки производства авиационной техники Украины // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. трудов гос. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков ХАИ, 2000. – Вып. 6. – С. 70-79.
18. Дереча В.Я., Король В.Н., Максаков П.П. Контроль качества авиационной техники в процессе ее производства // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. науч. трудов гос. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского ХАИ. – Харьков, 2000. – Вып. 19(2). – С. 6-18.
19. Balabuev P.V. New conceptions of development of transport airplanes load-carrying structures of polymeric composites // Composite Materials technologies and automation of

- products manufacturing, Ed. by K.V. Frolov, A.G. Bratukhin, O.S. Sirotkin, V.S. Bogolybov, V.I. Kostikov. – Moscow, 1997. – SAMPE. – P. 358-369.
20. Король В.Н. Основные принципы повышения эффективности изделий из КМ за счет организации и оснащения производства // Конструирование и производство изделий из полимерных и металлических композиционных материалов. Тезисы докладов конференции. – 18-20 мая 1993 г. – Евпатория. – С. 5-6.
21. Спеченные порошковые материалы для узлов трения самолетов «Ан» / В.Н. Король, С.А. Бычков, А.Г. Моляр и др. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2002. – №6. Том 39. – С. 103-105.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2003 р.