

УДК 629.7

Коцюба А. А.<sup>1</sup>, Кондратьев А. В.<sup>2</sup><sup>1</sup> Государственное предприятие «АНТОНОВ». Украина, г. Киев<sup>2</sup> Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». Украина, г. Харьков

## СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ПОНЯТИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В АНАЛИЗЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕМОВ ВНЕДРЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЕТОВ

*Проведен углубленный анализ основных видов эффективности действий: праксеологической, технической, экономической и стратегической (престижной), ориентированный на предметную область внедрения полимерных композиционных материалов в конструкции отечественных гражданских самолетов. Установлены качественные зависимости вида эффективности от трех определяющих параметров: результата (результативности), цели действия и затрат, связанных с получением результата. Показано, что в современных условиях жестко ограниченных ресурсов в отечественном самолетостроении предпочтительным является критерий технической эффективности при планировании внедрения полимерных композиционных материалов в объеме 20...30 % от массы планера.*

Ключевые слова: эффективность действия; праксеологическая; техническая; экономическая; стратегическая; определяющие параметры; объемы внедрения полимерных композитов; гражданские самолеты.

### Введение

В настоящее время внедрение полимерных композиционных материалов (ПКМ) в мире во всех сферах технической, хозяйственной, оборонной и других областей приобрело тотальный и перманентный характер, что, несомненно, делает актуальным целенаправленный углубленный анализ эффективности применения этих материалов и в конструкциях отечественных гражданских самолетов [1–4].

Анализ эффективности применения ПКМ в любой отрасли машиностроения, и в элементах конструкций гражданских самолетов в особенности, с целью выявления и обоснования наиболее перспективных направлений их использования, которые основываются на спектрах различных, часто противоречивых требований, является многоаспектным, требующим отдельного предварительного определения неоднозначного понятия эффективности применения ПКМ в данной достаточно обширной области.

После определения и анализа этого понятия можно перейти к установлению или использованию известных общих и частных критериев многоаспектной эффективности внедрения ПКМ в гражданских самолетах, а затем провести анализ рациональных объемов их применения, решив тем самым комплексную проблему на начальном уровне рекомендаций, связанных с инженерным прогнозированием

перспектив внедрения ПКМ в конструкциях самолетов.

Известно, что корнеобразующим этого термина является понятие «эффект» (от лат. Effectus – действие). Основное значение этого термина, определяемое в [5], – это результат каких-либо действий. Любой результат требует оценки его уровня в соответствии с каким-либо критерием. Поэтому ниже дан анализ существующих понятий эффективности безотносительно к конкретному объекту – применению ПКМ в элементах конструкций воздушных судов и рациональных сфер их использования.

Изложенный ниже материал основан на анализе ряда источников [6–18] и представляется методологической базой для выбора наиболее целесообразных форм оценки эффективности тех или иных объектов, связанных с внедрением ПКМ в агрегатах воздушных судов транспортной категории.

### Анализ проблемы

Среди множества определений эффективности и основанных на них методов ее анализа представляется необходимым выделить четыре: праксеологическая, техническая, экономическая и стратегическая эффективность.

Прежде чем рассматривать эти виды эффективности, следует определить сам термин «эффективность». В [5] эффективность определяется как результат какого-либо действия. Там же отмечено,

что результат – это конечный итог (последствие), ради которого осуществлялось какое-либо действие.

Гаспарский В. трактует эффективность в универсальном и синтезированном значениях [6, 7]: эффективность в универсальном смысле – общее название любого из практических (праксеологических\*) достоинств; эффективность в синтезированном смысле – совокупность практических достоинств.

Голубев И.С. [8, 9] определяет эффективность как категорию, соизмеряющую цель  $C$  – результат  $W$  – затраты  $N$ .

В [5] цель – то, к чему стремятся, чего хотят достичь, главная задача, основной замысел, намерения. Сопоставляя термины «цель» и «результат», отметим более полное количественное понятие первого термина относительно второго: цель шире (глубже) в предельном случае равна результату, показателю уровня достижения цели. Затраты  $N$  – расходы, издержки.

В [10] понятие «эффективность» трактуется как способность объекта выполнять требуемые задачи в установленные сроки  $[\tau]$  с наименьшими затратами  $N$  при уровне эффекта  $W$  не ниже заданного (целевого)  $[C]$ :

$$\begin{aligned} E &= \frac{W}{C} \text{ при } W \geq [C]; \\ N &\rightarrow \min; \\ \tau &= [\tau], \end{aligned} \quad (1)$$

где  $C$  – цель (целевой эффект).

### Основная часть

Приступим теперь к анализу и установлению соотношений между четырьмя понятиями эффективности, отмеченными выше.

Праксеологическая эффективность в универсальном смысле включает в себя следующие показатели: результат и основной результат\*\*, их качество и рассогласование, а также полезность результата и его экономичность [3, 6, 7].

Качество результата

$$\sigma_w = \frac{W}{C} \quad (2)$$

представляет собой отношение результата  $W$  к цели действия  $C$ .

Качество основного результата  $\sigma_R$  есть отношение основного результата  $R$  к цели действия:

$$\sigma_R = \frac{R}{C}. \quad (3)$$

Рассогласование результата представляет собой разницу между результатом и целью действия:

$$\delta_w = W - C \quad (4)$$

Рассогласование основного результата есть разница между основным результатом и целью действия:

$$\delta_R = R - C \quad (5)$$

Полезность результата

$$\chi = W - N \quad (6)$$

определяет разницу между результатом  $W$  и затратами  $N$  на реализацию действия (цели).

Экономичность результата

$$\eta = \frac{W}{N} \quad (7)$$

представляет собой отношение результата  $W$  к затратам  $N$  по реализации действия (цели).

Качество основного результата  $\sigma_R$  является обратной величиной степени ценности цели, которая в [6, 7] определяется как «отношение предвидимой ценности цели (суммы ценностей цели) к ценности реального эффекта (суммы ценностей реальных эффектов) действия, направленного на достижение данной цели (целей) действий».

Качество основного результата несет информацию о соотношении между основным результатом и целью, т.е. о том, какая часть желаемого состояния объекта уже достигнута за счет выполнения действия. Таким образом, качество основного результата является мерой одной из разновидностей универсальной эффективности – результативности [6].

После совершения какого-либо целенаправленного действия величина  $\sigma_R$  представляет собой положительное число. Это число равно нулю, если  $R = 0$ ; правильной дроби, если  $0 < R < C$ ; единице, если  $R = C$ .

Так как результат действия в отдельных случаях может превышать цель, то использование на практике качества основного результата оказывается недостаточным; необходимо ввести более общий показатель. Этим показателем является качество результата  $\sigma_w$ .

Дополнительными параметрами, несущими информацию о соотношении между достигнутым результатом и целью, являются рассогласования результата и основного результата.

Два следующих параметра отражают связь между результатами и затратами на реализацию действия. Величина  $\chi_w$  является мерой полезности, а величина  $\eta_w$  – мерой экономичности действия.

\* В [5] праксеология – область социологии, изучающая деятельность людей с точки зрения установления ее эффективности.

\*\* Термины «результат» и «основной результат» разделяют, потому что в праксеологии при оценке результативности не учитываются непредвиденные положительно оцениваемые эффекты, которые также должны сопоставляться с целью. Тот факт, что они не учитываются, свидетельствует, прежде всего, о несовершенстве прогноза.

Если исходить из единственности цели, то качество результатов  $\sigma_{wi}$  или  $\sigma_{Ri}$  могут быть различными при достижении цели разными способами ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), когда эти способы при прочих равных условиях обеспечивают выбор  $\sigma_{wmax}$  и (или)  $\sigma_{Rmax}$ .

Например, снижение массы агрегата самолета из ПКМ на 20% можно обеспечить, применяя углепластики, стеклопластики, органопластики или их комбинации, а также реализуя различные конструктивно-технологические решения (КТР): конструктивные – трехслойные панели, трубчатые панели и др.; технологические – выкладка, намотка, комбинации [3, 19].

Тогда из массива  $\sigma_{wi}$  или  $\sigma_{Ri}$  можно выделить  $\sigma_{wmax}$  или  $\sigma_{Rmax}$ . При этом рассогласование результатов  $\delta_w$  или  $\delta_R$  не имеют практического смысла, так как уже определяются параметрами  $\sigma_w$  и  $\sigma_R$ .

Аналогично принципиально тождественными являются параметры: полезность результата  $\chi = (W - N)$  и экономичность результата  $\eta = \frac{W}{N}$  (можно также эти параметры выражать через основной результат  $\chi_R = (R - N)$  и его экономичность  $\chi_R = \frac{R}{N}$ ). При этом второй параметр представляется предпочтительнее первого. Учитывая, что  $R$  является частным случаем  $W$ , получаем, что праксеологическая эффективность  $E$  сводится к двум параметрам:

- целевой эффективности  $\sigma_w = \frac{W}{C} \rightarrow \max$ ;
- экономической эффективности:  $\eta = \frac{W}{N} \rightarrow \max$ .

При этом объединение этих параметров без ограничения на затраты приводит к престижной эффективности, при которой

$$\sigma_w = \frac{W}{C} \rightarrow \max; \quad (8)$$

$$W \gg N.$$

Общий смысл этого типа эффективности, определяемого условиями (8), сводится к достижению политического, научного, социального или оборонного результата независимо от понесенных для этого затрат («результат любой ценой»). Этот вид эффективности ассоциируется с обеспечением национальных (престижных, жизненно важных) интересов в одной из указанных выше или нескольких сферах. По-видимому, стратегическую эффективность следует оценивать в исключительных сферах действия.

Критериями оценки уровня стратегической эффективности, вероятно, могут быть и частные показатели эффективности, такие, как надежность необслуживаемых технических систем, а также

надежность силовой конструкции самолета, не связанные непосредственно с затратами в какой-либо форме.

По-видимому, стратегическая эффективность применительно к гражданским воздушным судам транспортной категории не является определяющей как для этого класса самолетов металлической конструкции, так и для их аналогов с агрегатами из ПКМ, хотя косвенно критерии стратегической эффективности самолетов с агрегатами из ПКМ могут учитываться при оценке этого класса объектов в сравнении с зарубежными аналогами, так как уровень применения композитов в мировом авиастроении в настоящее время является неоспоримым показателем их совершенства [1, 4, 19, 20].

В общем случае полная относительная праксеологическая эффективность выражается функцией

$$\bar{E}_{пракс} = f(\sigma_w, \eta) = f\left(\frac{W}{C}, \frac{W}{N}\right), \quad (9)$$

аналитический вид которой в настоящее время не определен [3, 7].

Однако практическое значение, на наш взгляд, имеет не математическая модель, описывающая реальное взаимодействие этих параметров, а модель, отслеживающая коррективную закономерность изменения (рост или снижение)  $\bar{E}_{пракс}$  при взаимных изменениях ее составляющих  $W$ ,  $C$  и  $N$ .

Такая модель может быть реализована, например, произведением относительных величин  $\frac{W}{C}$  и  $\frac{W}{N}$ , а именно:

$$\bar{E}_{пракс} = \frac{W}{C} \cdot \frac{W}{N} = \frac{W^2}{C \cdot N}. \quad (10)$$

Отметим, что численные значения параметров результата  $W$ , цели  $C$  и затрат  $N$  всегда должны иметь денежные эквиваленты.

На практике всегда числовой показатель денежного эквивалента (ЧПДЭ) результата  $W$  меньше (или равен) ЧПДЭ цели (т.к. цель  $C$  больше или равна результату).

Аналогично ЧПДЭ затрат  $N$  должен быть меньше или равен ЧПДЭ цели  $C$

$$\begin{aligned} W &\leq C; \\ N &\leq C. \end{aligned} \quad (11)$$

Проведенный нами численный анализ характера изменения (10) при различных вариациях  $W$ ,  $C$  и  $N$  в пределах (11) позволил установить следующие закономерности.

С ростом числового показателя денежного эквивалента  $N$  при постоянной доли ЧПДЭ  $W$  в ЧПДЭ полная относительная праксеологическая эффективность  $\bar{E}_{пракс}$  снижается. Однако с увеличением доли результата  $W$  в числовом показателе денежного эквивалента цели действия  $C$  при росте затрат  $N$  относительная праксеологическая эффективность растет.

Праксеологический вид эффективности  $\bar{E}_{\text{пракс}}$  успешно реализован на ГП «Антонов» С.А. Филем при анализе метода проектирования модификаций салонов базовых пассажирских самолетов на основе критериев внутренней безопасности и комфорта [21–23].

В [8, 9] техническая эффективность рассматривается в рамках стохастической и детерминированной математических моделей. Так как практически чаще имеет место вторая модель, то в соответствии с ней обобщенный показатель технической эффективности представлен в виде

$$E_{\text{техн}} = \left\{ \bar{E}_{\text{цт}}, \bar{E}_{\text{экт}} \right\}, \quad (12)$$

где  $\bar{E}_{\text{цт}}$  – показатель целевой относительной технической эффективности;  $\bar{E}_{\text{экт}}$  – показатель целевой относительной экономичности технической эффективности.

В [8, 9] эти показатели имеют вид

$$\begin{aligned} E_{\text{цт}} &= \frac{W_k}{W_n}; \\ E_{\text{экт}} &= \frac{N_n}{N_k}. \end{aligned} \quad (13)$$

Здесь конечный результат  $W_k = W$ , а нормированный конечный результат  $W_n$ , по видимому, можно отождествить в рамках ранее принятой терминологии с целью  $C$ , т.е.  $W_n = C$ .

Нормированные затраты  $N_n = [N]$ , а конечные затраты  $N_k = N$ .

Тогда вместо (13) получим

$$\begin{aligned} \bar{E}_{\text{цт}} &= \frac{W}{C}; \\ \bar{E}_{\text{экт}} &= \frac{[N]}{N}. \end{aligned} \quad (14)$$

В работах [8, 9] отмечается, что при идеальном функционировании системы

$$\begin{aligned} W &= C; \\ N &= [N]. \end{aligned} \quad (15)$$

Разделив первое равенство (15) на второе, получим

$$\frac{W \cdot [N]}{N \cdot C} = \bar{E}_{\text{цт}} \cdot \bar{E}_{\text{экт}} = 1. \quad (16)$$

В реальных случаях

$$\bar{E}_{\text{цт}} \cdot \bar{E}_{\text{экт}} = \bar{E}_{\text{техн}} \leq 1. \quad (17)$$

Так как на практике  $W \leq C$  имеет место ограничение  $N \leq [N]$ , то исходя из того, что  $\bar{E}_{\text{техн}}$  не может быть больше идеального функционирования системы (16), следует при вычислении  $\bar{E}_{\text{техн}}$  принимать во внимание только варианты ЧПДЭ  $W, C$  и  $N$ , при которых  $\bar{E}_{\text{техн}} \leq 1$ , максимально приближаясь к единице в правой части.

Экономическая эффективность является самым распространенным видом этой категории, опреде-

ляемой как отношение результата действия  $W$  к понесенным затратам на его достижение  $N$ . Формальная запись этого соотношения совпадает с праксеологическим показателем экономичности результата  $\eta$  (7):

$$\bar{E}_{\text{экон}} = \frac{W}{N}. \quad (18)$$

Содержательный состав показателей  $W$  и  $N$  в (18) различен как у разных авторов, так и в зависимости от области применения того или иного критерия экономической эффективности [11].

Так, в критерии Томашевича Д.Л. [12] результат является целевой отдачей самолета  $P$  за время его эксплуатации,  $N$  – суммарные затраты на изготовление и эксплуатацию самолета.

Экономический смысл показателя целевой отдачи – вес груза, перевезенного самолетом за время его существования, либо вес груза, умноженный на дальность полета, т.е. работа, которую сможет выполнить проектируемый самолет за время его эксплуатации с учетом вероятности доставки груза до места назначения с заданной точностью (размерность – тонно-километр).

В этом случае показатель эффективности  $\bar{E}_{\text{экон}}$  или  $\eta$  есть не что иное, как величина, обратная стоимости тонно-километра  $a = \frac{N}{P} = \frac{1}{\eta}$  – общепринятой величине при расчете экономической эффективности пассажирских и транспортных самолетов гражданской авиации [11, 12, 14, 18].

Принципиально не отличается по схеме построения критерий оценки летательных аппаратов, предлагаемый проф. В.Ф. Болховитиновым [14], который предлагает в качестве критерия эффективности самолетов как транспортных средств критерий «цена транспортировки единицы веса полезного груза»:

$$\partial = \frac{Ц}{G_{\text{пол.гр}}}, \quad (19)$$

где  $Ц$  – суммарные затраты на транспортировку полезного груза;  $G_{\text{пол.гр}}$  – вес полезного груза.

Помимо критерия «цена транспортировки единицы веса полезного груза» автор предлагает дополнительно применять «относительный грузовой поток в единицу времени»  $\epsilon_{\text{пол.гр.с}}$ , учитывающий скорость транспортировки груза. Кроме того, наряду с указанным критерием  $\partial$  и  $\epsilon_{\text{пол.гр.с}}$  автор считает, что при определении экономической эффективности летательных аппаратов целесообразно также принять еще один критерий  $K_{\text{гр}}$ , величина которого представляет собой отношение относительного грузового потока в единицу времени к цене транспортировки единицы веса полезного груза:

$$K_{\text{гр}} = \frac{\epsilon_{\text{пол.гр.с}}}{\partial}. \quad (20)$$

Таким образом, критерий «цена транспортировки единицы веса полезного груза» является величиной, обратной критерию «общей эффективности летательного аппарата» Д.Л. Томашевича и лишь отличается от него по конечной форме выражения. В дальнейшем проф. Д.Л. Томашевич дополняет этот критерий показателем дальности полета, а проф. В.Ф. Болховитинов добавляет показатель скорости летательного аппарата, что, по существу, не изменяет общепринятого критерия (себестоимость тонно-километра) для гражданских самолетов.

По аналогичной схеме отношения эффекта к затратам, где в качестве эффекта рассматриваются стоимостные параметры, построен критерий абсолютной экономической эффективности капитальных вложений – коэффициент рентабельности [15]

$$\mathcal{E}_{\text{м}} = \frac{Ц - Т}{К} = \frac{\Pi}{К}, \quad (21)$$

где  $Ц, Т$  – стоимость годового выпуска продукции и ее себестоимость;  $К$  – капитальные затраты;  $\Pi$  – годовая прибыль. Здесь в качестве эффекта выступает масса прибыли.

По этому критерию в соответствии с рекомендацией Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений [15, 16] можно оценивать абсолютную, а не сравнительную эффективность капитальных вложений. Задача же оптимизации облика и параметров летательного аппарата относится к классу задач оценки сравнительной экономической эффективности. В этом случае сравниваются различные функционирующие объекты и возможные варианты их модификаций.

В работе [17] отмечается, что экономичность как эксплуатируемого, так и вновь проектируемого самолета может быть оценена путем сопоставления

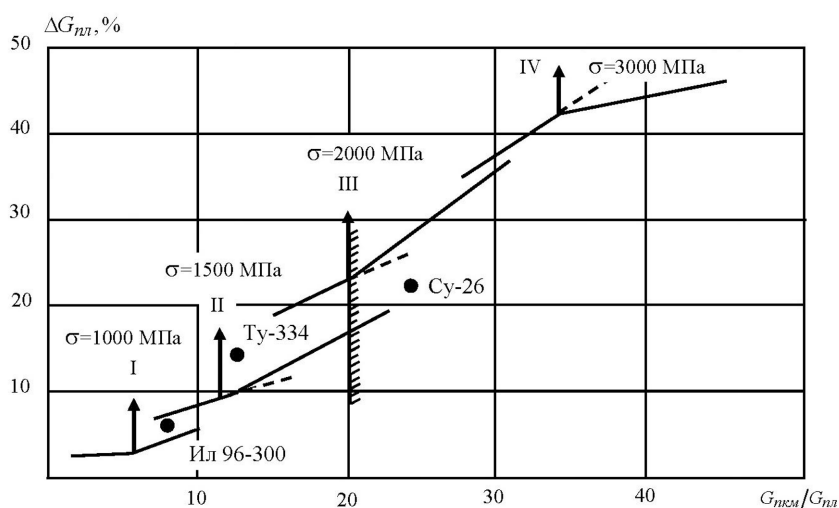
ряда его показателей с достигнутым уровнем в мировом транспортном самолетостроении. К числу этих показателей авторы относят летные расходы на 1 тонно-километр и рейсовую скорость, а также такие вспомогательные показатели экономичности, как отношение к рейсовой производительности тяги или мощности, веса пустого самолета и показателя экономичности скорости  $R_v = \frac{v^x}{a}$ , где  $x$  – эмпирический параметр.

Одним из возможных путей и методов решения поликритериальных оптимизационных задач является использование матриц или диаграмм наиболее существенных критериев. При использовании матриц или диаграммы критериев группы специалистов (экспертов) выбирают лучший вариант по численным значениям ряда критериев [17].

Часто при подобной схеме принятия решения учитывается значимость критериев. В этом случае локальные (частные) критерии, взвешенные по весам или коэффициентам эластичности, суммируются или перемножаются. В соответствии с этим можно говорить об аддитивной и мультипликативной схемах (моделях) учета значимости критериев.

В заключение необходимо констатировать, что рациональность применения того или иного критерия для анализа эффективности внедрения ПКМ в отечественных гражданских самолетах зависит в первую очередь от объема их применения.

Как справедливо отмечается в [24], существует минимальный (критический) уровень объема внедрения композитов в изделиях, определяющий экономическую целесообразность их применения, с учетом затрат на подготовку и самопроизводство. Например, для конструкций планера он составляет 20...25%. На рис. 1 приведена обобщенная зависимость снижения веса планера самолета от прочно-



**Рис. 1.** Снижение массы планера в зависимости от прочности углепластиков (в монослое) и объема их применения в конструкциях: I – пропорциональное снижение массы конструкций (элементов планера); II – проявление каскадного эффекта; III – достижение экономической целесообразности применения композитов; IV – принципиальное улучшение технических характеристик самолета

сти углепластиков и объема их применения в конструкции. При объемах применения углепластиков до 10% по массе экономически целесообразно использовать материалы с прочностью монослоя порядка 1000 МПа, поскольку в этом случае из композитов изготавливают слабонагруженные детали: люки, створки и некоторые другие элементы конструкций планера, не критичные для безопасности самолета [24].

При этом достигаемый эффект снижения массы пропорционален массе композитов в конструкции, но слабо оправдан с экономической точки зрения и не отражается на технических характеристиках изделия.

Применение углепластиков с прочностью более 1500 МПа позволяет достичь объемов использования ПКМ 15...20% (поверхности управления, стабилизаторы, элементы конструкции фюзеляжа), при которых возможно на стадии проектирования использовать явление «каскадного эффекта» и вплотную подойти к рубежу, обеспечивающему не только экономическую целесообразность использования композитов в конструкции, но и реализовать достигнутое снижение массы в улучшении тактико-технических характеристик самолета: снижение расхода топлива, увеличение дальности полета, скороподъемности, полезной нагрузки и других составляющих тактико-технических требований.

Экономически выгодно использовать углепластики с прочностью 2000...3000 МПа в конструкциях, обеспечивающих достижение объемов их применения выше 25% от массы планера (крыло, большая часть фюзеляжа). В этом случае снижение массы настолько велико, что может быть реализовано в конструкции изделий с принципиально иными тактико-техническими данными и аэродинамическими формами [1, 19, 24].

С учетом проведенного выше анализа можно констатировать, что в современных условиях жестко ограниченных ресурсов в отечественном самолетостроении, по-видимому, предпочтительным является критерий технической эффективности при планировании внедрения ПКМ в объеме 20...30% от массы планера.

### Выводы

1. Проведен анализ основных видов эффективности действий: праксеологической, технической, экономической и стратегической (престижной), ориентированный на предметную область внедрения полимерных композиционных материалов в конструкциях отечественных гражданских самолетов, позволивший установить качественные зависимости того или иного вида эффективности от трех определяющих параметров: результата (ре-

зультативности), цели действия и затрат, связанных с получением результата.

2. Установленные качественные зависимости, не отражая количественное значение относительного безразмерного параметра, позволяют отслеживать его рост или снижение от взаимного изменения размеров результата, цели и затрат, представленных в денежном выражении.

3. Показано, что праксеологическая и техническая эффективность действий содержит одинаковую целевую составляющую, отражающую степень достижения цели полученным результатом (рассогласование результата) и экономические составляющие, принципиально различные в данных видах эффективности.

4. Экономическая эффективность формально отражает одноименную составляющую праксеологической при отсутствии рассогласования результата и цели  $\left(\frac{W}{C}=1\right)$ .

5. Показано, что престижная эффективность формально может трактоваться как частный случай праксеологической при отсутствии рассогласования результата и цели, а также ограничений на понесенные затраты ( $W \gg N$ ).

6. Рациональность применения того или иного критерия эффективности внедрения конкретного объема ПКМ в гражданских самолетах сопряжена с необходимостью обоснованного учета для соответствующего этапа состояния и возможностей отечественного самолетостроения, основой которого является ГП «Антонов» со своей организационно-производственной структурой.

### Литература

- [1] Composite Materials for Aircraft Structures [Текст] / A. Baker, S. Dutton, D. Kelly. – Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., Reston, 2004. – 599 p.
- [2] Аверичкин П.А. Методология применения и оценка эффективности использования композиционных материалов в авиационной технике [Текст] / П.А. Аверичкин. – Ярославль: ЯГСХА, 1999. – 306 с.
- [3] Методология разработки эффективных конструктивно-технологических решений композитных агрегатов ракетно-космической техники [Текст]: моногр. в 2 т. Т. 1. Создание агрегатов ракетно-космической техники регламентированного качества из полимерных композиционных материалов / А.В. Гайдачук, В.Е. Гайдачук, А.В. Кондратьев, В.А. Коваленко, В.В. Кириченко, А.М. Потапов; под ред. А.В. Гайдачука. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2016. – 263 с.
- [4] Коцюба А.А. Анализ эффективности конструктивно-технологических решений агрегатов воздушных судов транспортной категории из полимерных композиционных материалов ГП «Антонов» и реали-

- зующих их технологий [Текст] / А.А. Коцюба // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 2 (86). – Х., 2016. – С. 7 – 14. – ISSN 1818-8052.
- [5] Большой толковый словарь русского языка [Текст] / под ред. С.А. Кузнецова. – СПб.: Норинт, 2001 – 1536 с.
- [6] Гаспарский В. Праксеологический анализ проектно-конструкторских разработок [Текст]: пер. с польск. / В. Гаспарский; под ред. А.И. Половинкина. – М.: Мир, 1978. – 172 с.
- [7] Praxiology and the philosophy of technology [Текст] / ed. W. Gasparski, T. Airaksinen. – New Brunswick and London: Transaction Publishers, 2008. – 299 p.
- [8] Голубев И.С. Соизмерение технического уровня и эффективности при проектировании конструкций летательных аппаратов [Текст] / И.С. Голубев. – М.: МАИ, 1986. – 90 с.
- [9] Голубев И.С. Эффективность воздушного транспорта [Текст] / И.С. Голубев. – М.: Транспорт, 1982. – 230 с.
- [10] Белов Г.В. Основы проектирования ракет [Текст] / Г.В. Белов, С.И. Зоншайн, А.П. Оскорко. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.
- [11] Лужанский Б.Е. Оценка и управление стоимостью летательных аппаратов. «Инновационный менеджмент. Проблемы. Теория. Практика» [Текст] / Б.Е. Лужанский. – М.: Экостар, 2005. – 240 с.
- [12] Томашевич Д.Л. Конструкция и экономика самолета [Текст] / Д.Л. Томашевич. – М.: Оборонгиз, 1960. – 202 с.
- [13] Дракин И.И. Основы проектирования беспилотных летательных аппаратов с учетом экономической эффективности [Текст] / И.И. Дракин. – М.: Машиностроение, 1973. – 224 с.
- [14] Саркисян С.А. Экономическая оценка летательных аппаратов [Текст] / С.А. Саркисян, Э.С. Минаев. – М.: Машиностроение, 1972. – 180 с.
- [15] Расчеты экономической эффективности новой техники [Текст] / под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1975. – 432 с.
- [16] Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений [Текст]. – М.: Экономика, 1969 – 160 с.
- [17] Бадягин А.А. Проектирование пассажирских самолетов с учетом экономики эксплуатации [Текст] / А.А. Бадягин, Е.А. Овруцкий. – М.: Машиностроение, 1964. – 295 с.
- [18] Беляков И.Т. Технологические проблемы проектирования летательных аппаратов [Текст] / И.Т. Беляков, Ю.Д. Борисов. – М.: Машиностроение, 1978 – 240 с.
- [19] Niu M.C. Composite Airframe structures [Текст] / M.C. Niu. – Hong Kong: Conmilit Press Ltd., 1992. – 686 p.
- [20] Гвоздев М.А. Прогнозирование технически возможного объема внедрения полимерных композиционных материалов в конструкциях самолетов [Текст] / М.А. Гвоздев, А.В. Кондратьев // Технологические системы. – № 1(74). – 2016. – С. 7 – 13. – ISSN 2074-0603. [http://technological-systems.com/images/journal/2016/files/ts74\\_1.pdf](http://technological-systems.com/images/journal/2016/files/ts74_1.pdf)
- [21] Филь С.А. Праксеологический подход к решению задач внутреннего проектирования салонов пассажирских самолетов в условиях рыночной экономики [Текст] / С.А. Филь // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (40). – Х., 2005. – С. 58 – 71. – ISSN 1818-8052.
- [22] Филь С.А. Общий подход к синтезу показателя безопасности пассажиров в салонах гражданских самолетов [Текст] / С.А. Филь // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 2 (41). – Х., 2005. – С. 50 – 58. – ISSN 1818-8052.
- [23] Филь С.А. Метод проектирования модификаций салонов базовых пассажирских самолетов на основе критериев внутренней безопасности и комфорта: дис ... канд. техн. наук / 05.07.02 / Филь Сергей Андреевич; Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», АНТК им. О.К. Антонова. – Х.: 2006 – 257 с.
- [24] Технология производства изделий и интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении [Текст] / под ред. А.Г. Братухина, В.С. Боголюбова, О.С. Сироткина. – М.: Знание, 2003. – 516 с.

*Kotsiuba O. A.<sup>1</sup>, Kondratiev A. V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ANTONOV, State-owned Enterprise. Ukraine, Kiev

<sup>2</sup> National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute». Ukraine, Kharkiv

#### ESSENCE AND CONTENT OF EFFICIENCY CONCEPTS IN THE ANALYSIS OF PROMISING AMOUNT OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS APPLICATION IN DOMESTIC CIVIL AIRCRAFT STRUCTURES

*In-depth analysis of the major kinds of action effectiveness: praxeological, technological, economic and strategic (prestigious), focused on the subject area of polymer composite materials application in domestic civil aircraft structures is carried out. Qualitative dependencies of effectiveness kind from three determining parameters: result, action purpose and cost associated with the result obtaining – are established. It is*

*shown that in today's highly limited resources in domestic aircraft construction the technological effectiveness criterion is preferred when planning the polymer composite material application in the amount of 20 ... 30% by airframe weight.*

*Keywords:* action effectiveness; praxeological; technological; economic, strategic; determining parameters; polymeric composite application amount; civil aircraft.

### References

- [1] Baker A., Dutton S., Kelly D. Composite Materials for Aircraft Structures. Virginia, American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., Reston, 2004. – 599 p.
- [2] Averichkin P.A. Metodologiya primeneniya i ochenka effektivnosti ispolzovaniya kompozitsionnykh materialov v aviacionnoi tehnikе [The methodology of the application and evaluation of the use of composite materials in aircraft engineering] Yaroslavl, Yaroslavl State Agricultural Academy Publ., 1999. – 306 p.
- [3] Gaidachuk A.V., Gaidachuk V.E., Kondratiev A.V., Kovalenko V.A., Kirichenko V.V., Potapov A.M. (ed.: Gaidachuk A.V.) Metodologiya razrabotki effektivnykh konstruktivno-tekhnologicheskikh reshenii kompozitnykh agregatov raketno-kosmicheskoi tekhniki [Methodology for the development of effective structural and technological solutions composite units of rocket and space technology]. Monograph in 2 volumes. Vol. 1. Sozdanie agregatov raketno-kosmicheskoi tekhniki reglamentirovannogo kachestva iz polimernykh kompozitsionnykh materialov. Kharkov, National Aerospace University Kharkov Aviation Institute Publ., 2016. – 263 p.
- [4] Kotsiuba A.A. Analiz effektivnosti konstruktivno-tekhnologicheskikh reshenii agregatov vozdukhnykh sudov iz polimernykh kompozitsionnykh materialov i realizuyushchikh ikh tekhnologii [Analysis of the effectiveness of structural and technological solutions of units of aircraft made of polymer composite materials and implementing their technologies]. Nauchnye trudy Natsional'nogo aerokosmicheskogo universiteta im. N.E. Zhukovskogo «KhAI» «Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruktivnykh letatel'nykh apparatov» [Proc. of the National Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Issues of design and manufacture of flying vehicles"], 2016, vol. 2 (86), pp. 7 – 14. ISSN 1818-8052.
- [5] Bol'shoi tolkovyi slovar' russkogo yazyka [The Great Dictionary of the Russian Language] (ed.: Kuznetsov S.A.). St. Petersburg, «Norint» Publ., 2001. – 1536 p.
- [6] Gasparski W. Prakseologi eskij analiz proektno-konstruktorskikh razrabotok. Moscow, Mir Publ., 1978. 172 p. (Russ. ed.: Gasparski W. Prakseologicheskii analiz proektno-konstruktorskikh razrabotok (ed.: A.I. Polovinkin)). Moscow, Mir Publ. 1978. – 172 p.
- [7] Praxiology and the philosophy of technology (ed. W. Gasparski, T. Airaksinen). New Brunswick and London, Transaction Publishers, 2008. – 299 p.
- [8] Golubev I.S. Soizmerenie tekhnicheskogo urovnya i effektivnosti pri proektirovanii konstruktivnykh letatel'nykh apparatov [The comparison of the efficiency and efficacy in the design of aircraft structures]. Moscow, Moskovskii Aviatcionnyi Institut Publ., 1986. – 90 p.
- [9] Golubev I.S. Effektivnost' vozdushnogo transporta [The efficiency of air transport]. Moscow, Transport Publ. 1982. – 230 p.
- [10] Belov G.V., Zonshain S.I., Oskorko A.P. Osnovy proektirovaniya raket [Basics of designing missiles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974. – 256 p.
- [11] Luzhanskii B.E. Otsenka i upravlenie stoimost'yu letatel'nykh apparatov. «Innovatsionnyi menedzhment. Problemy. Teoriya. Praktika» [Assessment and management of the cost of the aircraft. "Innovation Management. Problems. Theory. Practice"]. Moscow, Ekostar Publ. 2005. – 240 p.
- [12] Tomashevich D.L. Konstruktsiya i ekonomika samoleta [The design of the aircraft and the economy]. Moscow, Oborongiz Publ., 1960. – 202 p.
- [13] Drakin I.I. Osnovy proektirovaniya bespilotnykh letatelynykh apparatov s uchetom ekonomicheskoi effektivnosti [Basics of designing unmanned aerial vehicles, taking into account economic efficiency]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1973. – 224 p.
- [14] Sarkisyan S.A. Ekonomicheskaya otsenka letatel'nykh apparatov [Economic evaluation of aircraft]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1972. – 180 p.
- [15] Raschety ekonomicheskoi effektivnosti novoi tekhniki [Calculations of the cost-effectiveness of new technology] (ed.: K.M. Velikanov). Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1975. – 432 p.
- [16] Tipovaya metodika opredeleniya ekonomicheskoi effektivnosti kapital'nykh vlozhenii [A typical method of determining the economic efficiency of capital investments]. Moscow, Ekonomika Publ., 1969. – 160 p.
- [17] Badyagin A.A., Ovrutskii E.A. Proektirovanie passazhirskikh samoletov s uchetom ekonomiki ekspluatatsii [Design of passenger aircraft, taking into account operating economy]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1964. – 295 p.
- [18] Belyakov I.T., Borisov Yu.D. Tekhnologicheskije problemy proektirovaniya letatel'nykh apparatov [Technological problems of design of aircraft]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978. – 240 p.



- [19] Niu M. C. Composite Airframe structures. Hong Kong, Conmilit Press Ltd., 1992. – 686 p.
- [20] Gvozdev M.A., Kondratiev A.V. Prognozirovanie tehnichecki vozmozhnogo ob#ema vnedrenija polimernyh kompozicionnyh materialov v konstrukcijah samoletov [Prediction of technically possible amount of polymer composite material adoption in aircraft structures]. Tehnologicheskie sistemy, 2016, no. 1(74), pp. 7 – 12. [http://technological-systems.com/images/journal/2016/files/ts74\\_1.pdf](http://technological-systems.com/images/journal/2016/files/ts74_1.pdf)
- [21] Fil' S.A. Prakselogicheskii podkhod k resheniyu zadach vnutrennego proektirovaniya salonov passazhirsikh samoletov v usloviyakh rynochnoi ekonomiki [Prakselogicheskyy approach to solving the problems of the internal design of passenger aircraft cabins in a market economy]. Nauchnye trudy Natsional'nogo aerokosmicheskogo universiteta im. N.E. Zhukovskogo «KhAI» «Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruksii letatel'nykh apparatov» [Proc. of the National Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Issues of design and manufacture of flying vehicles"], 2005, vol. 1(40), pp. 58 – 71. ISSN 1818-8052.
- [22] Fil' S.A. Obschcii podkhod k sintezu pokazatelya bezopasnosti passazhiro v salonakh grazhdanskikh samoletov [The general approach to the synthesis of passenger safety indicator in the salons of civil aircraft]. Nauchnye trudy Natsional'nogo aerokosmicheskogo universiteta im. N.E. Zhukovskogo «KhAI» «Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruksii letatel'nykh apparatov» [Proc. of the National Aerospace University Kharkov Aviation Institute "Issues of design and manufacture of flying vehicles"], 2005, vol. 2(41), pp. 50 – 58. ISSN 1818-8052.
- [23] Fil' S.A. Metod proektirovaniya modifikatsii salonov bazovykh passazhirsikh samoletov na osnove kriteriev vnutrennei bezopasnosti i komforta [The method of design modifications of the basic passenger aircraft cabins based on the criteria of internal security and comfort. Cand. eng. sci. diss. 05.07.02]. Kharkov, National Aerospace University Kharkov Aviation Institute Publ., 2006. – 257 p.
- [24] Tekhnologiya proizvodstva izdelii i integral'nykh konstruksii iz kompozitsionnykh materialov v mashinostroenii [Technology of manufacturing composite materials products and integral constructions] (ed.: Bratukhin A.G., Bogolyubov V.S., Sirotkin O.S.). Moscow, Znanie Publ., 2003. – 516 p.