

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ АГРЕГАТНОГО И СБОРОЧНОГО ОСНАЩЕНИЯ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА РАЗРАБОТЧИКА**

Как отмечалось в [1], техническая подготовка серийного производства ВС практически не изменила своего содержания со времени плановой экономики отечественного самолетостроения, однако развитие информационных технологий инициирует совершенствование ее структуры, форм и методов реализации в настоящий период конкурентной борьбы в условиях рыночных отношений [2 – 6].

В этом аспекте сформулированная нами в работах [7 – 8] проблема повышения эффективности технологической подготовки современного и перспективного серийного производства новых пассажирских и транспортных воздушных судов (ВС) Украины и их модификаций, обеспечивающих их высокую конкурентоспособность на рынках, решается на основе опережающего принципа запуска в серийное производство. Как показано в [3 – 10], опережающий запуск в серию нового ВС связан с определенными рисками, снижающими эффективность реализации этого принципа.

Компенсация финансовых потерь раннего запуска, особенно на начальных этапах технологической подготовки и серийного производства ВС, может быть достигнута путем мобильного взаимодействия серийного завода с Разработчиком ВС. Это мобильное взаимодействие предполагает ряд мероприятий, связанных с многогранным сотрудничеством Разработчика и серийного завода. Формы этого сотрудничества могут быть различного уровня вплоть до корпоративных, в которых реализуется участие в программе серийного производства ряда предприятий, например [11 – 14] и др.

Однако определенный эффект может быть достигнут уже при использовании форм, апробированных еще в советский период. К таким формам относятся не только обязательная передача Разработчиком на серийный завод конструкторской и технологической документации, но и предоставление последнему той тили иной оснастки для ускорения технологической подготовки серийного производства.

Использование оснащения опытного ВС Разработчика на начальных этапах серийного производства имело место еще на заре советского реактивного самолетостроения. В [14] указывается, что, когда в 1954 году ОКБ А.Н. Туполева впервые в отечественной практике приступило к разработке на базе бомбардировщика Ту-16 пассажирского лайнера Ту-104 «едва приступив к постройке опытного экземпляра Ту-104, Туполев тут же стал подыскивать завод для серийного производства лайнера. Выбор его остановился на ХАЗе... По договоренности с Министерством

консоли крыла и оперение должен был присылать на ХАЗ Казанский завод №22. Именно он выпускал бомбардировщик Ту-16, от которого Ту-104 отличался только большим по диаметру фюзеляжем да его внутренним устройством. К концу 1954 года в фюзеляжном цехе завершился монтаж первого сборочного стапеля и комплекта оснастки для изготовления панелей, шпангоутов и других узлов агрегата. Второго стапеля на заводе не было, но он имелся в Москве – тот самый, в котором уже собирали фюзеляж опытной машины. Эту возможность ускорить производство тоже не упустили. В ОКБ Туполева вновь выехала большая группа работников ХАЗа и заложила в пустующий стапель второй серийный фюзеляж».

Аналогичные примеры можно было бы продолжить. Но, как следует уже из приведенного примера, даже значительная территориальная удаленность производственной базы Разработчика от серийного завода, потребовавшая существенных дополнительных расходов на командировки бригады сборщиков, транспортные и материальные затраты, использование готового оснащения Разработчика для опытного производства при сборке первых серийных ВС обеспечивает существенный положительный эффект.

Это эффект возрастает в условиях рыночных отношений, когда для начала серийного производства необходимы значительные банковские кредиты и соответствующие ежегодные их погашения с процентами. Кроме того, на начальных этапах серийный завод может быть не в состоянии обеспечить фронт работ по созданию дублей сборочного оснащения как по производственным и материальным возможностям, так и по обеспечению кадрами основных производственных рабочих, на подготовку которых тоже необходимо время.

Таким образом, использование оснастки Разработчика на ранних этапах серийного производства в потенциале может обеспечить:

- существенное опережение во времени агрегатной и общей стапельной сборки ВС, то есть сокращение цикла запуска в серийное производство;
- временную экономию (на период изготовления первых серийных экземпляров ВС) средств на материалы;
- сокращение потребности в дополнительных производственных площадях на ранней стадии развертывания серийного производства;
- более протяженный период подготовки и задействования высококвалифицированных кадров;
- временную экономию фонда зарплаты производственных рабочих на изготовлении оснастки;
- возможности маневрирования тем или иным фронтом работ в процессе технологической подготовки и начальных этапов серийного производства с целью его более эффективного наращивания до масштабов, обеспечивающих кратчайший цикл выхода на оптимальную программу

выпуска ВС.

Отмеченные выше возможности в совокупности позволяют реализовать опережающую по времени поставку одного или нескольких ВС Заказчику и тем самым получить доход от этой реализации, существенно снижающий первоначальные высокие затраты на развертывание серийного производства.

При разработке технико-экономической модели анализа эффективности использования опытной оснастки Разработчика в серийном производстве, которая может быть положена в основу оценки возможного дохода от реализации этого подхода, необходимо иметь следующие исходные данные:

- число опытных приспособлений, используемых в серийном производстве  $n_i$ ;
- стоимость изготовления этих приспособлений, включающую все формирующие ее статьи;
- трудоемкость изготовления каждой единицы оснастки, а также изготовления в них сборок (подборок) узлов, панелей, агрегатов ВС;
- временной цикл изготовления сборок (подборок).

При определении экономического эффекта принятого метода сборки главными составляющими являются затраты на технологические средства (сборочные приспособления, инструмент, оборудование и др.), а именно [15]: расход материалов на сборочные приспособления, трудоемкость их изготовления, заработная плата производственных рабочих на изготовление и монтаж сборочной оснастки, а также затраты основного производства в связи со снижением трудоемкости сборки изделий, изменением количества рабочих, производительности труда и производственных площадей.

Расчет экономических показателей стоимости оснастки  $C_{осн}$  и себестоимости сборочных работ  $C_{сб}$  может быть осуществлен следующим образом.

Затраты на оснастку рассчитываются по формуле [15]:

$$C_{осн} = \sum_1^n \frac{C_i (1 + K_p) n_i \mu_i}{t_0}, \quad (1)$$

где  $C_i$  – стоимость единицы технологической оснастки, необходимой для сборки данным методом;  $K_p$  – коэффициент, учитывающий расходы на ремонт приспособления ( $K_p = 0,5 \dots 0,6$ );  $n_i$  – число приспособлений данного типоразмера для использования варианта метода сборки;  $\mu_i$  – коэффициент занятости приспособления;  $t_0$  – срок погашения стоимости оснастки ( $t_0 = 1 \dots 3$  года).

Стоимость единицы оснастки определяется следующим образом

$$C_i = Z_0 + M_0 + P_{кцо}, \quad (2)$$

где  $Z_0$  – полная заработная плата, расходуемая на изготовление единицы оснастки;  $M_0$  – стоимость материалов, идущих на единицу оснастки (массу элементов оснастки рассчитывают по чертежам оснастки);  $P_{кцо}$  – сумма косвенных расходов цеха оснастки.

Заработная плата равна

$$Z_0 = 1,15T_0I_i, \quad (3)$$

где  $T_0$  – трудоемкость изготовления единицы оснастки (трудоемкость может быть определена по результатам нормирования изготовления конкретной оснастки);  $I_i$  – средняя часовая ставка по цеху оснастки.

Стоимость материалов, необходимых для изготовления единицы оснастки, определяется как

$$M_0 = \sum_1^k q_{Mi} C_{Mi} K_{ТЗ}, \quad (4)$$

где  $q_{Mi}$  – норма расхода материала  $i$ -го типоразмера на единицу оснастки;  $C_{Mi}$  – цена  $i$ -го типоразмера материала;  $K_{ТЗ}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы ( $K_{ТЗ}=1,05\dots 1,08$ ).

Косвенные расходы по цеху оснастки составляют:

$$P_{кцо} = P_{зо} + P_{ц} = ЗП(a_{зо} + b_{ц}), \quad (5)$$

где  $P_{зо}, P_{ц}$  – соответственно расходы на эксплуатацию оборудования и цеховые расходы;  $ЗП$  – заработная плата;  $a_{зо}, b_{ц}$  – процент расходов на эксплуатацию и цеховых расходов от заработной платы соответственно.

Таким образом, зависимости (1) – (5) позволяют рассчитать расходы, которые серийный завод должен был бы произвести уже на начальных этапах запуска в серийное производство нового ВСЮ, если бы Разработчик не предоставил бы ему свою опытную оснастку на сборку сборочных единиц.

Для анализа эффективности использования опытной оснастки Разработчика для изготовления им опытных ВС в серийном производстве рассмотрим два варианта технологической подготовки и начала серийного производства.

1. Вариант традиционного начала серийного производства. В первом оснастка традиционно изготавливается серийным заводом. В этом случае вся располагаемая трудоемкость завода  $T_{расп}$ , определяемая зависимостью (11), реализуется на изготовление оснащения, деталей ВС, а также подборок и сборок.

Тогда в первый год опережающего запуска в серию ВС реализуемая  $T_{расп}$  будет равна  $T_{сер}$ , описываемой зависимостью нашей работы

ты (6) [10] с учетом потерь трудоемкости от риска опережающего запус-

ка  $(1 + \exp(-\beta\bar{\tau}))$ :

$$T_{расп} = T_{сер} = T_{Iсер} \sum_{i=1}^n N_i^{-\alpha} (1 + \exp(-\beta\bar{\tau}_i)) \quad (6)$$

или

$$\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} = \sum_{i=1}^n N_i^{-\alpha} (1 + \exp(-i\beta\bar{\tau}_1)). \quad (7)$$

В (7) принято, что время изготовления каждого ВС, во всяком случае, в первый год начала серийного производства, одинаково. Тогда

$$\tau_j = i\tau_1, \text{ а } \bar{\tau}_j = \frac{\tau_j}{\tau_{серт}} = \frac{i\tau_1}{\tau_{серт}} = i\bar{\tau}_1.$$

Алгоритм определения числа ВС, изготавливаемых в первый год опережающего запуска в серию, следующий.

1. Принимается, что в первый год изготавливается одно ВС, т.е.  $n = 1$  или  $N_1 = 1$ . Тогда из (7) получаем  $\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} = 1 + \exp(-\beta\bar{\tau}_1)$ .

Если при известных значениях  $T_{расп}$  и  $T_{Iсер}$   $\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} < 1 + \exp(-\beta\bar{\tau}_1)$ , то в действительности при сложившейся производственной обстановке завод может изготовить в первый год меньше одного ВС.

Принимая, что условное ВС может составлять некоторую долю от реального ВС  $X_{ВС}$ , пропорциональную затраченной трудоемкости на целое ВС, из (7) получим

$$X_{ВС} = \left( \frac{1 + \exp(-\beta\bar{\tau}_1)}{\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}}} \right)^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (8)$$

Если  $\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} > 1 + \exp(-\beta\bar{\tau}_1)$ , то в первый год изготавливается больше одного ВС.

2. Принимаем  $n = 2$  или  $N_1 = 2$ . Тогда из (7) имеем  $(1 + \exp(-\beta\bar{\tau}_1)) + 2^{-\alpha} (1 + \exp(-2\beta\bar{\tau}_1)) = \frac{T_{расп}}{T_{Iсер}}$ .

2.1. Если  $\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} < \left[ (1 + \exp(-\beta\bar{\tau}_1)) + 2^{-\alpha} (1 + \exp(-2\beta\bar{\tau}_1)) \right]$ , то в первый год может быть изготовлено меньше двух ВС, а именно

$$X_{ВС} = \left( \frac{1 + \exp(-2\beta\bar{\tau}_1)}{\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} - (1 + \exp(-\beta\bar{\tau}_1))} \right)^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (9)$$

2.2. При  $\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} > \sum_{i=1}^2 N_i^{-\alpha} (1 + \exp(-i\beta\bar{\tau}_1))$  завод может изготовить больше двух ВС.

Шаги по последовательному наращиванию числа ВС до  $n$  продолжаются до тех пор, пока не установится неравенство

$$\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} < \sum_{i=1}^n N_i^{-\alpha} (1 + \exp(-n\beta\bar{\tau}_1)), \quad (10)$$

превращая которое в равенство (7), определяем дробное (условное) число ВС:<sup>1)</sup>

$$X_{ВСI} = \left( \frac{1 + \exp(-n\beta\bar{\tau}_1)}{\frac{T_{расп}}{T_{Iсер}} - \sum_{i=1}^{n-1} N_{i-1}^{-\alpha} (1 + \exp(-(i-1)\beta\bar{\tau}_1))} \right)^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (11)$$

В качестве примера рассмотрим значения параметров  $T_{расп}/T_{Iсер} = 3,5$ ;  $\bar{\tau}_1 = 0,3$ ;  $\beta = 3,5$ . При данных параметрах из (11) получим  $X_{ВСI} = 3,55$ .

Если на втором году серийного производства не предусматривается увеличение  $T_{расп}$  по сравнению с первым годом и не планируется изготовление комплекта серийного оснащения, то реализуется описанный выше алгоритм, в основе которого лежит откорректированная зависимость (6):

$$T_{расп} = T_{Iсер} \sum_{i=X_{ВСI}}^{n_2} N_i^{-\alpha} (1 + \exp(-i\beta\bar{\tau}_i)) \text{ при } i\bar{\tau}_1 \leq 1 \quad (12)$$

<sup>1)</sup> В формуле (11) имеет место некоторая некорректность, а именно в числителе в показателе степени  $\exp(-n\beta\bar{\tau}_1)$ , строго говоря, вместо  $n$  должно стоять дробное число  $X_{ВС}$ . Однако в этом случае определение дробного числа ВС  $X_{ВС}$  чрезвычайно усложняется итерационным процессом. В то же время расчеты показывают, что уже при  $n < 4$  замена в показателе степени числа  $X$  на  $n$  приводит к погрешности, не превышающей в определении  $X_{ВС}$  по (11) одного процента при реальных  $\bar{\tau}_1$  и  $\beta$  ( $\bar{\tau}_1 = 0,3$ ;  $\beta = 3,5$ ).

$$T_{расп} = T_{1сер} \sum_{i=X_{BCI}}^{n_2} N_i^{-\alpha} \quad \text{при } i\bar{\tau}_1 > 1, \quad (13)$$

где  $n_2$  – число условных ВС, изготовленных за второй год серийного производства, за который принимается 12 календарных месяцев с момента истечения первых 12 месяцев с момента принятия решения о запуске ВС в серию;  $X_{BCI}$  определено формулой (11).

Бифуркация формулы (6) на (12) и (13) связана с тем, что при  $i\bar{\tau}_1 > 1$  Разработчик получает сертификат типа ВС, поэтому принято, что дальнейшее увеличение трудоемкости производства  $i$ -го ВС за счет риска, связанного с вносимыми в оснащение изменениями конструкции ВС, которые диктуются сертификационными испытаниями, отсутствуют ( $\exp(-i\beta\bar{\tau}_1) \rightarrow 0$ ).<sup>1)</sup>

Соответствующие затраты в первом варианте будут равны

$$З_1 = (З_{мд} + З_{мо} + З_{проч}) + T_{расп} \bar{C}_{ср}, \quad (14)$$

где  $З_{мд}$ ,  $З_{мо}$ ,  $З_{проч}$  – затраты на приобретение материалов для изготовления деталей ВС, оснастки и все прочие затраты на энергоносители, транспортные расходы и т.д., предусмотренные сметой затрат;  $\bar{C}_{ср}$  – средняя стоимость нормо-часа труда, определяемая формулой (29) нашей работы [10].

2. Вариант использования части опытной оснастки Разработчика. Во втором варианте используется часть оснастки опытного производства Разработчика, составляющая  $\psi$  от всего объема оснащения, выраженного через трудоемкость изготовления оснастки  $T_{осн}$ , предполагаемую известной.

Тогда в первый год опережающего запуска в серию ВС реализуемая трудоемкость будет равна

$$T_{расп} = T_{1сер} \sum_{i=1}^k N_i^{-\alpha} (1 + \exp(-i\beta\bar{\tau}_i)) - \psi T_{осн}^{оп}. \quad (15)$$

В правой части (15) первый член составляет, как уже отмечалось выше, общую трудоемкость, как изготовления оснащения, так и ВС.

Так как исходная формула (6) получена эмпирически, то разделить непосредственно в ней часть трудоемкости, затраченной на изготовление оснастки  $\psi T_{осн}^{оп}$  и другую часть, затраченную на изготовление непосредственно ВС, не представляется возможным, и часть  $\psi T_{осн}^{оп}$  фор-

<sup>1)</sup> Последнее допущение весьма приближенно, так как на практике изменения в конструкцию ВС, а, следовательно, и в оснащение происходят перманентно, однако их поток по сравнению с начальным периодом, совпадающим с сертификационными испытаниями, существенно меньше в объеме и значимости.

мально (что соответствует логике рассуждений) выделена во второй член правой части (15). Из такой записи следует

$$\left( T_{расп} + \psi T_{осн оп} \right) = T_{1сер} \sum_{i=1}^k N_i^{-\alpha} (1 + \exp(-i\beta\bar{\tau}_i)). \quad (16)$$

Запись (15) в виде (16) формально не вызывающая сомнений, по существу приводит на первый взгляд к принципиальному противоречию, а именно: левая часть (16) отражает как увеличение располагаемой трудоемкости завода  $T_{расп}$  на существенную величину  $\psi T_{осн}$ . Однако завод по определению не имеет в течение года возможности (интегральных ресурсов) для увеличения  $T_{расп}$ .

Это кажущееся противоречие устраняется тем, что левая часть (16) в действительности отражает не реальный прирост располагаемой трудоемкости завода, а виртуальное значение трудоемкости, которое как бы компенсирует тот факт, что правая часть (16) составляет интегральную трудоемкость изготовления и оснастки и ВС, а в данном случае затраты труда на готовую оснастку на производстве.

Как видно, (16) отличается от (6) только левой частью, существенно большей, чем в (5). Поэтому и алгоритм определения числа условных ВС, которые завод в состоянии изготовить за первый год серийного производства, останется прежним с точностью о добавки к  $T_{расп}$  части трудоемкости, которая в первом варианте расходовалась на изготовление оснастки.

Таким образом, число ВС, которое в соответствии с данной производственной обстановкой в состоянии изготовить завод, (аналогично (11)) будет равно

$$X_{ВСII} = \left[ \frac{1 + \exp(-k\beta\bar{\tau}_1)}{\frac{T_{расп} + \psi T_{осн оп}}{T_{1сер}} - \sum_{i=1}^{k-1} N_{i-1}^{-\alpha} (1 + \exp(-(i-1)\beta\bar{\tau}_i))} \right]^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (17)$$

где, очевидно, что  $k$  больше, чем  $n$  в (11).

Сделанное выше замечание относительно второго года серийного производства в первом варианте остается в силе.

Соответствующие затраты во втором варианте будут равны

$$Z_2 = (Z_{мд} + Z_{о\chi} + Z_{проч}) + T_{расп} \bar{C}_{сер}, \quad (18)$$

где  $Z_o$  – затраты на изготовление оснащения, понесенные Разработчиком;  $\chi$  – доля амортизации оснастки, оплачиваемая Разработчику ВС серийным заводом ( $0 \leq \chi < 1$ ).



Остальные параметры в (14) и (18) принимаются одинаковыми.

С учетом представленных выше технико-экономических моделей условная относительная эффективность варианта использования серийным заводом оснащения опытного производства Разработчика может быть представлена двумя соотношениями.

Первое представляет собой относительные затраты двух вариантов:

$$\bar{3} = \frac{3_2}{3_1} = \frac{(3_{мд} + 3_{о\chi} + 3_{проч}) + T_{расп} \bar{C}_{ср}}{(3_{мд} + 3_{мо} + 3_{проч}) + T_{расп} \bar{C}_{ср}}. \quad (19)$$

Анализ (19) показывает, что  $\bar{3} < 1$  может быть при условии, если  $3_{о\chi} < 3_{мо}$ , что, как правило, имеет место всегда, так как опытная оснастка Разработчиком в дальнейшем не используется.<sup>1)</sup> Этот критерий дает весьма скромную величину экономии затрат, которая слабо отражает эффективность второго варианта.

Второе соотношение представляет собой число, характеризующее, во сколько раз в течение первого года серийное производство с использование оснащения Разработчика обеспечит выпуск большего числа ВС по сравнению с традиционным вариантом изготовления оснащения самим серийным заводом:

$$\bar{N} = \frac{X_{ВСII}}{X_{ВСI}} = \frac{\left( (1 + \exp(-k\beta\bar{\tau}_1)) \left[ \frac{T_{расп}}{T_{осн\ оп}} - \sum_{i=1}^{n-1} N_{i-1}^{-\alpha} (1 + \exp(-(i-1)\beta\bar{\tau}_1)) \right] \right)}{\left( (1 + \exp(-n\beta\bar{\tau}_1)) \left[ \frac{T_{расп}\psi T_{осн\ оп}}{T_{осн\ оп}} - \sum_{i=1}^{k-1} N_{i-1}^{-\alpha} (1 + \exp(-(i-1)\beta\bar{\tau}_1)) \right] \right)}. \quad (20)$$

Точное определение  $\bar{N}$  предполагает вычисления по определению  $X_{ВСI}$  и  $X_{ВСII}$  в соответствии с приведенным выше алгоритмом и может быть реализовано только для конкретных значений  $T_{расп}$ ,  $\psi T_{осн}$  и  $T_{Iсер}$ . Однако приближенный характер относительной эффективности  $\bar{N}$  может быть получен с учетом того, что

$$\sum_{i=1}^{n-1} N_{i-1}^{-\alpha} (1 + \exp(-(i-1)\beta\bar{\tau}_1)) \approx \sum_{i=1}^{k-1} N_{i-1}^{-\alpha} (1 + \exp(-(i-1)\beta\bar{\tau}_1)) = \varphi;$$

$$T_{расп} \gg T_{Iсер}\varphi \text{ и } (1 + \exp(-k\beta\bar{\tau}_1)) \approx (1 + \exp(-n\beta\bar{\tau}_1)). \quad (21)$$

При условиях (21) вместо (20) получим

<sup>1)</sup> Опытная оснастка может быть либо продана Разработчиком серийному заводу по цене металлолома, либо передана во временное пользование на льготных условиях.

$$\bar{N} = \frac{X_{BCII}}{X_{BCI}} \approx \left( \frac{T_{расп}}{T_{расп} - \psi T_{осн оп}} \right)^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (22)$$

На рисунке представлена зависимость относительной эффективности  $\bar{N}$  от  $0 \leq \psi \leq 1$  при трудоемкости изготовления оснащения в долях от располагаемой трудоемкости серийного завода.

Как видно из графиков рисунка, относительная эффективность использования оснащения опытного производства разработчика тем выше, чем большую долю трудоемкость изготовления оснащения  $T_{осн}$  составляет от располагаемой трудоемкости серийного завода, т.е. чем меньше трудовые ресурсы завода  $T_{расп}$  при прочих равных условиях (при одинаковой доле использования оснастки разработчика  $\psi$ ).

Из графиков рисунка также следует, что эффективность  $\bar{N}$  тем выше, чем большая доля оснащения опытного производства Разработчика используется в серийном производстве.

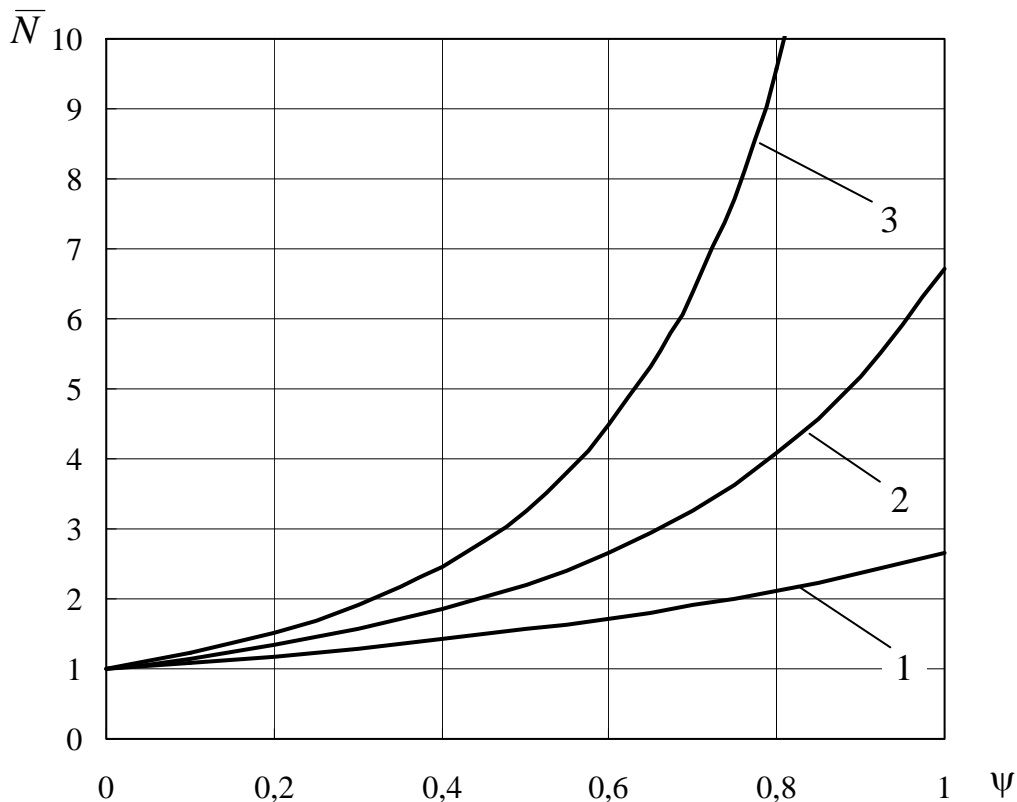


Рисунок. – Относительная эффективность  $\bar{N}$  при использовании различной доли оснащения:

1 – при  $T_{осн оп} = 0,3T_{расп}$ ; 2 – при  $T_{осн оп} = 0,5T_{расп}$ ; 3 – при  $T_{осн оп} = 0,7T_{расп}$

Имеет место еще один важный аспект эффективности использования опытной оснастки в серийном производстве, который выявляется при непосредственном определении условных ВС в обоих вариантах  $X_{BCI}$  и  $X_{BCII}$ .

Для выявления и демонстрации этого аспекта эффективности рассмотрим условный пример. Пусть  $T_{расп} = 1,5T_{сер}$ ;  $T_{осн} = 0,7T_{расп}$ ;  
оп

$\psi = 0,8$ ;  $\bar{\tau}_1 = 0,8$ ;  $\beta = 3,5$ ;  $\frac{1}{\alpha} = 2,75$ . Тогда  $X_{BCI} = 0,28BC$ ;  
 $X_{BCII} = 0,99BC$ .

Полученные цифры свидетельствуют о том, что в первом варианте в конце года в заделе серийного завода будет находиться всего 0,28 комплекта ВС. Это значит, что для полной комплектации ВС, проведения заводских испытаний и поставки его Заказчику понадобится минимум еще один год. Во втором варианте можно с уверенностью рассчитывать на продажу хотя бы одного ВС Заказчику.

Таким образом, завод, получив от Заказчика сумму, равную цене ВС  $C$ , может значительно сократить долги, связанные с банковскими кредитами и выплатой процентов, которые были сделаны при подготовке серийного производства.

Из этого следует, что использование оснащения опытного завода на первых стадиях серийного производства значительно сократит сроки его безубыточности и ускорит получение прибыли уже на 3...4 год серийного производства.

### Выводы

1. Выявлены потенциальные возможности реализации и использования опытного оснащения Разработчика в серийном производстве ВС в совокупности позволяющие обеспечить опережающую по времени поставку одного или нескольких ВС Заказчику и получить доход от их продажи, существенно снижающий первоначальные затраты на развертывание серийного производства.

2. Предложены технико-экономические математические модели анализа эффективности использования опытной оснастки Разработчика в серийном производстве, интегрирующие в себе ранее полученные отечественными и зарубежными авторами и организациями зависимости, позволяющие рассчитать расходы серийного завода на начальных этапах запуска в серию нового ВС при необходимости включения в технологическую подготовку производства изготовления полного комплекта серийного оснащения.

3. С помощью математических моделей потребной трудоемкости серийного производства, модифицированных учетом потерь от риска опережающего запуска в серию нового ВС, разработаны алгоритмы

определения числа ВС, изготавливаемых заводом при одновременном изготовлении серийного оснащения и при использовании опытной оснастки Разработчика ВС на начальных этапах серийного производства.

4. Получены полная и приближенная аналитические зависимости для определения относительного увеличения программы выпуска серийных ВС при использовании опытной оснастки Разработчика ВС, характеризующие эффективность реализации предложенного принципа.

5. Предложенный подход при дальнейшей его реализации в рамках специального исследования позволит получить исчерпывающую достоверную информацию об эффективности предложенного подхода использования в серийном производстве агрегатного и сборочного оснащения опытного производства Разработчика.

### **Список использованных источников**

1. Шевченко О.С. Концептуальный анализ проблемы и принципов серийного производства отечественных самолетов на основе мобильного взаимодействия с разработчиком // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (48).– Х., 2007. – С. 96 – 112.

2. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / под общ. ред. А.Г. Братухина. - К.: Техніка, 2001. – 728 с.

3. Братухин А.Г. CALS-технологии НИЦ АСК в разработке, подготовке производства, организации серийного производства российской авиатехники // Технологические системы. – 2002. – Вып. 1(12)/2002. – С. 5 – 14.

4. Бычков С.А., Гребеников А.Г. Концепция развития компьютерных интегрированных технологий в процессе создания авиационной техники // Технологические системы. – 1999. – Вып. 1/99. – С. 60 – 66.

5. Бычков С.Г., Читак В.Г. Методика реализации системы автоматизированного конструирования и изготовления приспособлений при технологической подготовке самолетостроительного производства в режиме виртуальной реальности // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 4 (82).– Х., 2018. 47 – 59.

6. Читак В.Г. Концепция применения программно-технического комплекса в среде виртуальной реальности 3D-цифровой конструкторско-технологической подготовки производства агрегатов самолетных конструкций // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (83).– Х., 2019. – С. 35 – 45.

7. Читак В.Г. Состояние и перспективы развития авиастроения Украины в современных условиях // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 2(94).– Х., 2018. – С. 7 – 18.

8. Читак В.Г. Анализ современного состояния информационной поддержки автоматизированных технологических процессов производства отечественных гражданских самолетов // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 3 (95).– Х., 2018. – С. 7 – 19.

9. Читак В.Г. Способы реализации принципа опережающего запуска в серию опытных отечественных гражданских самолетов. Сообщение 1. О возможности сокращения сроков начала серийного производства нового гражданского самолета // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 4 (96).– Х., 2018. – С. 7 – 27.

10. Читак В.Г. Способы реализации принципа опережающего запуска в серийное производство опытных отечественных гражданских самолетов. Сообщение 2. Зависимость производственного риска О возможности сокращения сроков начала серийного производства гражданских самолетов // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 1 (97).– С. 7 – 23.

11. Кривов Г.А. Основные тенденции корпоративно-индустриальной стадии развития авиационного производства // Технологические системы. – 2000. – №3(5). – С. 5 – 18.

12. Казаков В.П., Кривов Г.А. Базові засади процесів трансформації українського авіабудування // Технологические системы. – 2002. – №4(15). – С. 5 – 10.

13. Король В.Н. Научные основы организации современного и перспективного производства пассажирских и транспортных самолетов: Дисс... докт. техн. наук: 05.13.22 / ОАО «Украинский научно-исследовательский институт авиационной технологии «УкрНИАТ». – Киев, 2003. – 391 с.

14. Первые среди первых: Харьковское Государственное авиационное производственное предприятие: 75 лет. – Харьков: ХГАПП, Основа, 2001. – 416 с.

15. Бабушкин А.И. Экономика предприятия авиационно-космической отрасли: преддипломный курс. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2005. – 258 с.

*Поступила в редакцию 16.12.2018.*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Бычков,  
ГП «Антонов», г. Киев.*