УДК 338.27:338.28:338.32

JEL L21, L52, O21

DOI: 10.17213/2312-6469-2019-5-98-112

УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИЕЙ АВИАСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ: СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАКОПЛЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

© В.В. Клочков, С.М. Рождественская 2019

*Национальный исследовательский центр «Институт
им. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Россия*

Рассматриваются проблемы стратегического управления проектами российского авиастроения. Поскольку текущие проекты отрасли, вероятнее всего, останутся убыточными, необходимо принять решение об их закрытии или продолжении, возможно – о развитии производственного потенциала. Предложены методы обоснования таких решений с учетом отраслевых особенностей авиастроения, в частности, эффекта обучения в производстве. Показано, что существует пороговый уровень суммарного выпуска, после достижения которого себестоимость снизится ниже уровня цены, и производство начнет приносить хотя бы операционную прибыль. Но даже если проект вряд ли выйдет на уровень операционной рентабельности, при его реализации могут быть приобретены компетенции, которые в дальнейшем позволят ускорить и удешевить производство изделий будущих поколений, повышая их конкурентоспособность и шансы на успех. Для анализа таких аспектов была построена экономико-математическая модель двух «связанных» проектов, текущего и будущего, в котором частично будет использован опыт производства нынешних, убыточных изделий. Разработанные модели и методы актуальны для принятия решений в отношении реальных текущих проектов и программ российского гражданского авиастроения.

Ключевые слова: авиастроительный проект, стратегическое управление, эффект обучения, минимизация убытков, накопление компетенций

MANAGING THE IMPLEMENTATION OF AIRCRAFT PROJECTS: STRATEGIC ASPECTS OF COMPETENCES ACCUMULATION

© V.V. Klochkov, S.M. Rozhdestvenskaya 2019

*National research center «Institute named after N.E.Zhukovsky», Zhukovsky,
Russia*

The problems of the Russian aircraft industry projects strategic management are considered. As the current projects of the industry are likely to remain unprofitable, it is necessary to make a decision on their closure or continuation, perhaps – on the development of production capacity. We suggest methods of justification of such decisions, given the peculiarities of aviation industry, specifically, the learning-by-doing effect. It is shown that there is a threshold level of total output, after which the cost will decrease below the price level, and production will begin to bring at least operating profit. But even if the project is unlikely to

reach the level of operational profitability, it is necessary to take into account the strategic aspects beyond the scope of this project. In its implementation can be acquired competencies that will further accelerate and reduce the cost of production of future generations products, increasing their competitiveness and chances of success. For the analysis of such aspects, an economic-mathematical model of two "related" projects, current and future, was built, in which the experience of current, unprofitable products production will be partially used. The developed models and methods are relevant for decision-making in relation to real current projects and programs of the Russian civil aviation industry.

Key words: *aircraft industrial project, strategic management, learning-by-doing effect, loss minimization, competence accumulation.*

Введение

В ряде работ [4, 6] было обосновано, что в пределах нынешнего поколения гражданской авиационной техники (т.е. в период до 2030-2035 гг.) российскому авиастроению не удастся вернуться на утраченные рынки и завоевать новые, обеспечив рентабельные объемы производства современных воздушных судов, авиадвигателей и компонентов. Даже если современная российская продукция не будет уступать зарубежным конкурентам (как по технико-экономическим параметрам изделий, так и по характеристикам послепродажного обслуживания, условий приобретения и владения и т.п.), паритетного уровня эффективности недостаточно для того, чтобы потеснить конкурентов на рынках товаров длительного пользования. Естественным экономическим стимулом для ускоренного обновления парка и замены зарубежной продукции на новую, отечественную могло бы быть только *прорывное* превосходство последней перед конкурентами¹, что на данном этапе технологического развития уже недостижимо.

Перспективы прорыва следует связывать лишь со следующим, качественно новым поколением гражданской авиационной техники, основанном на технологиях следующего технологического уклада. Для того, чтобы воспользоваться этой возможностью, отечественному авиастроению необходимо создавать опережающий *научно-технический задел* (НТЗ) уже сейчас, ориентируясь на горизонт после 2030-2035 гг. Именно такой основной императив должен быть отражен в новой Стратегии развития авиационной промышленности Российской Федерации. Однако до указанного срока еще, по меньшей мере, 10-15 лет. Это существенно меньше длительности жизненного цикла практически любого образца авиационной техники и, тем более, поколения авиационной техники, т.е. такой горизонт даже не является, строго говоря, стратегическим для авиастроения. Но это чрезвычайно длительный срок для предприятий отрасли, их сотрудников, для экономики страны, в которой назрела необходимость определить место та-

¹ Объективные количественные критерии такого превосходства сформулированы в работах [3, 4, 6, 9].

кой отрасли как авиастроение и ее продуктовую стратегию – хотя бы на уровне принципиальных положений.

В рамках Государственной программы развития авиационной промышленности до 2025 г. (далее ГП РАП, см. [1]) и других государственных и федеральных целевых программ на развитие отрасли с 2000-х гг. выделялись и выделяются значительные объемы госбюджетных средств. Они расходуются на техническое перевооружение предприятий отрасли, на разработку, доводку, сертификацию новых продуктов, на поддержку их серийного производства и продвижения на рынки (и лишь в малой степени – на создание опережающего НТЗ). Вопреки планам, которые закладывались при разработке и принятии первой редакции ГП РАП в 2013 г, отрасль к 2020 г. не вышла на самоокупаемость, остается убыточной и продолжает требовать систематических дотаций. В особенности это касается именно гражданского авиастроения – относительно успешные программы в области военной авиационной техники сглаживают неудовлетворительные финансовые результаты отрасли. Если, как показал вышеупомянутый анализ, такая ситуация останется хронической на протяжении всего срока до 2030-2035 гг., в условиях дальнейшего ужесточения бюджетных ограничений в Российской Федерации и усложнения геополитической ситуации руководство страны будет вынуждено принять радикальные решения в отношении отечественного гражданского авиастроения.

В пределах указанного срока возможные управленческие решения сводятся (кроме создания НТЗ для будущих поколений продукции) к управлению реализацией и развитием текущих проектов отрасли. Это, прежде всего, самолеты семейств Sukhoi SuperJet 100 и MC-21, авиадвигатели семейства ПД-9-18 (его первый представитель – авиадвигатель ПД-14, производство которого осваивается на Пермском моторном заводе). Возможные решения сводятся к продолжению реализации или закрытию этих текущих проектов отрасли, а также, возможно, к расширению или сворачиванию соответствующих производственных мощностей (как материально-технической базы, так и кадрового потенциала предприятий). Эти решения критичны для перспектив развития отрасли, поскольку текущие проекты и программы конкурируют за дефицитные ресурсы (преимущественно, средства госбюджета) с проектами создания НТЗ для будущих поколений продукции. Перебрасывая финансирование прикладной науки на «затыкание дыр» в текущих программах, отрасль лишает себя будущего.

В экономической литературе, в основном, рассматриваются проблемы управления программами и проектами, претендующими на рентабельность и коммерческую эффективность. В отношении заведомо убыточных проектов научных рекомендаций немного (одной из главных до сих пор остается вытекающая из неоклассической теории фирмы рекомендация сворачивать производство в случае, если выручка не покрывает перемен-

ных издержек, а в противном случае – продолжать убыточное производство для минимизации убытков, см., например, [5]). В то же время, в российском, да и в зарубежном авиастроении очень сильны не столько коммерческие, сколько социальные соображения – обеспечение занятости квалифицированных кадров, сохранение крупных, часто градообразующих предприятий. Кроме того, в такой отрасли – с длительным жизненным циклом продукции, сильными эффектами обучения и забывания – даже коммерческие расчеты обычно сложнее, и предусматривают анализ не только жизненного цикла данного проекта, но и его влияние на будущее развитие предприятий и отрасли в целом. Приходится учитывать соображения сохранения и развития компетенций для будущих поколений продукции, сохранения присутствия на рынках (пусть даже при сильном сокращении занимаемой доли) – скорее, сохранения бренда и доверия со стороны потенциальных потребителей, рыночного потенциала. Экономическому анализу этих аспектов реализации «планово-убыточных» проектов российского гражданского авиастроения и посвящен анализ, проведенный в этом исследовании.

Анализ проблем реализации и развития производственных программ и проектов российского гражданского авиастроения

Основным производственным программам и проектам российского гражданского авиастроения свойственны различные системные проблемы, характерные для разных групп проектов.

«Возобновление» выпуска ранее разработанных изделий

Часть проектов отрасли представляет собой вынужденные попытки возобновления¹ выпуска изделий советской разработки (например, Ил-96, Ил-114, Ил-76). Они, как правило, неконкурентоспособны по своим технико-экономическим характеристикам на фоне современных зарубежных аналогов. Даже официально декларируемый уровень потребности в этих изделиях не претендует на обеспечение рентабельности соответствующих авиастроительных проектов. Однако цели освоения их выпуска – скорее, не коммерческие, а социально-экономические или военно-стратегические. Эти продукты могут иметь и двойное назначение, использоваться как платформы для создания специальных модификаций. Кроме того, декларируется, что в качестве обычных гражданских воздушных судов они призваны обеспечить транспортную связанность территории России в случае обострения внешнеполитических противоречий, которое может привести к

¹ Корректнее назвать его повторным освоением производства практически «с чистого листа», возможно, с модернизацией самих изделий. Отчасти она предпринимается для повышения уровня их технического совершенства, отчасти потому, что соответствующие технологии, кадры, компетенции и даже сами производства уже утрачены, и приходится восстанавливать их уже на новой основе – например, с производственными технологиями, уже не требующими большого количества высококвалифицированных производственных рабочих дефицитных специальностей, и т.п.

прекращению поставок и обслуживания гражданской авиационной техники со стороны ведущих зарубежных держав.

Впрочем, на этот случай необходимо, во-первых, оценить возможность в приемлемые сроки выпустить достаточное количество соответствующих воздушных судов. В настоящее время планы их производства (и, соответственно, развития производственной базы в обеспечение их выпуска) предусматривают низкие темпы и совокупные объемы выпуска этих типов изделий – порядка нескольких единиц в год, и порядка нескольких десятков за весь ЖЦИ. Т.е. это, фактически, штучное или мелкосерийное производство, с соответствующими производственными технологиями – преимущественно ручными (масштабная автоматизация и механизация при таких объемах и темпах выпуска, как правило, нецелесообразна). Наращивание общего объема выпуска, и, что еще критичнее, годового темпа производства приблизительно на порядок является радикальным изменением, на которое такие проекты не рассчитаны. Зачастую это означало бы, в частности, необходимость быстрого найма и обучения высококвалифицированных производственных рабочих (причем, профессий и квалификаций, соответствующих предыдущим технологическим укладам – например, клепальщиков) в нереальных для страны количествах.

Во-вторых, поскольку соответствующие изделия и по уровню текущих эксплуатационных затрат, и по себестоимости производства (в силу малой серийности) будут значительно проигрывать современным зарубежным аналогам, составляющим сегодня основу парка российской гражданской авиации, необходимо оценить возможный прирост себестоимости авиаперевозок и вызванное им вероятное сокращение доступности авиатранспорта в России (и, как следствие, спроса на авиаперевозки и потребного количества воздушных судов), или потребный объем государственных дотаций для компенсации таких негативных последствий. Методические подходы к такой оценке были предложены, например, в работе [8].

Освоение выпуска вновь разработанных изделий

Те изделия, что претендуют на современный технологический уровень и паритет с зарубежными конкурентами в части технического совершенства, экономической эффективности (это самолеты MC-21 и RRJ-95, в перспективе – CRJ-929), содержат значительную долю импортных компонентов, что снижает рентабельность производства в условиях курсовых колебаний и даже ставит под угрозу экономическую безопасность реализации этих проектов, уже сейчас ограничивает доступные рынки реализации изделий (например, известны ограничения на поставку самолетов RRJ-95 в Иран, наложенные США). И хотя планы их выпуска уже приблизительно соответствуют потребностям российской гражданской авиации в воздушных судах (например, проектная мощность производства среднемагистральных самолетов MC-21 – 70 единиц в год – уже позволяет за несколько лет заместить, при необходимости, все импортные воздушные су-

да, составляющие основу парка российских авиакомпаний), они также не могут рассматриваться как средство обеспечения экономической безопасности России в сфере воздушного транспорта в случае обострения внешнеполитических противоречий. Для того, чтобы они могли выполнять эти функции, необходимо провести масштабное импортозамещение всех ключевых высокотехнологичных компонентов, причем, практически тотальное. Во-первых, финансовых и технологических возможностей Российской Федерации для этого может оказаться недостаточно. Во-вторых, это означает фактически создание новых изделий, которые необходимо заново испытать, сертифицировать (если это будет возможно) и т.п.

Другая проблема развития перспективных проектов¹ состоит в том, что:

- с одной стороны, уровень производственных мощностей для выпуска соответствующих изделий пока приблизительно на порядок ниже проектного уровня – так, производство наиболее критичного компонента самолета МС-21, композитного кессона крыла, в настоящее время рассчитано на выпуск 6-7 машинокомплектов в год, при плановой мощности 70 самолетов в год;

- с другой стороны, и плановый уровень производственных мощностей пока недостаточно экономически обоснован.

При этом расширение производственных мощностей по выпуску данного продукта требует значительных инвестиций. Увеличение мощности производства композитного крыла до 70 машинокомплектов в год является практически десятикратным. Если же учесть, что в России планируется выпуск аналогичных изделий и для широкофюзеляжных самолетов CRJ-929, производство которых планируется в кооперации с КНР, это потребует еще более масштабного расширения мощностей, причем, в расчете на выпуск компонентов большей размерности.

Но проблемы увеличения современных производственных мощностей российских авиастроительных предприятий не сводятся лишь к дефициту денежных средств – они носят и качественный характер. Поставки соответствующего импортного высокотехнологичного производственного оборудования уже сейчас подпали под внешнеторговые ограничения, санкции, инициированные партнерами нашей страны. Существуют планы радикального импортозамещения производства критических компонентов, которое иногда требует и изменения производственных технологий, и кон-

¹ За исключением проекта производства самолета RRJ-95. Мощности по его производству в Комсомольске-на-Амуре составляют приблизительно 40 ед. в год, что, с одной стороны, уже соответствует значительной доле мирового рынка в данном, весьма узком сегменте ближнемагистральных и «больших» региональных самолетов пассажироместимостью около 100 мест. С другой стороны, такой уровень мощностей может считаться даже избыточным, поскольку максимальный выпуск на уровне 37-38 самолетов в год наблюдался в 2014 г., а затем выпуск упал в силу сокращения спроса по причине фактического насыщения данного, весьма узкого рыночного сегмента.

струкции изделий, что подразумевает некоторый объем работ по их дополнительной сертификации.

Кроме того, и современные производственные технологии, подразумевающие высокую степень автоматизации и механизации, требуют подготовки высококвалифицированных кадров, причем, относительно новых профессий и квалификаций. Нынешняя численность таких кадров в отрасли, как и мощность производственного оборудования, многократно ниже потребной, согласно производственным планам. Т.е. требуется масштабная подготовка кадров, на которую предприятиям также требуются средства.

С одной стороны, как уже было сказано, сам плановый уровень производственных мощностей по выпуску обсуждаемых изделий нуждается в более тщательном экономическом обосновании. С другой стороны, руководство предприятий, даже признавая, что соответствующие проекты не станут рентабельными до конца своего жизненного цикла, апеллирует именно к стратегическим соображениям. Эти современные проекты рассматриваются как средство приобретения и поддержания в Российской Федерации компетенций в разработке, производстве, эксплуатации и послепродажном обслуживании современной авиационной техники, разработанной и выпускаемой с применением новых продуктовых и производственных технологий.

Методы экономического обоснования планов реализации и развития текущих проектов российского гражданского авиастроения

Итак, в отношении авиастроительных проектов, предусматривающих разработку и освоение в России выпуска современных гражданских воздушных судов и авиадвигателей, необходимо принимать научно обоснованные решения:

- о закрытии или продолжении их реализации;
- в случае, если решено продолжать реализацию проекта – о его развитии, конкретнее – о рациональном уровне производственных мощностей, о развитии материально-технической базы производства и кадрового потенциала предприятий.

При этом следует учитывать:

- коммерческие аспекты реализации конкретных проектов, т.е. их возможные финансовые результаты;
- стратегические аспекты развития отрасли, т.е. влияние проекта за пределами горизонта его реализации на эффективность реализации последующих проектов.

Для этого предлагается использовать ряд специально разработанных экономико-математических моделей.

Для анализа коммерческих аспектов реализации конкретных проектов следует рассмотреть финансовую модель авиастроительного проекта, а именно, модель денежных потоков с учетом эффекта обучения в производстве (и, возможно, стартовой скидки при продаже новых изделий, а также

затрат на устранение конструктивно-производственных недостатков, подробнее см. [7]). Анализ такой модели, построенной с учетом отраслевых экономических особенностей авиастроения, показывает следующий качественный эффект. Суммарная прибыль за весь жизненный цикл изделия (а также дисконтированная прибыль, ЧДД) изменяется немонотонно по мере увеличения совокупного объема продаж за ЖЦИ, см. рис. 1.

Вначале, при малых объемах выпуска, она, будучи отрицательной, продолжает падать (т.е. убыток продолжает нарастать) по мере повышения объема продаж. Это легко объясняется, если рассмотреть рис. 2.

На нем изображено характерное поведение средней себестоимости производства изделий по мере увеличения накопленного объема выпуска с учетом эффекта обучения. Она монотонно снижается, тогда как продажная цена изделий остается фиксированной (что изображено горизонтальной жирной линией). Более того, при малых суммарных объемах выпуска она может быть даже ниже своего «нормального» уровня, что и показано на рис. 2 штриховой линией. Таким образом, учитывается наличие стартовой скидки, которую приходится предоставлять на новые типы изделий для компенсации потерь вследствие их незрелости в начальный период эксплуатации (подробнее см. [7]). И если изделие так и не станет массовым, практически весь объем его продаж придется на это, вынужденным образом сниженное, значение цены. Если суммарный объем продаж изделий за ЖЦИ не достиг порогового уровня Q^* на рис. 2, увеличение объема выпуска приводит к дополнительным операционным убыткам. Поэтому указанный пороговый объем соответствует на рис. 3 минимуму совокупной прибыли (максимуму убытков) проекта за ЖЦИ. Если $Q < Q^*$, проект не выходит даже на операционную безубыточность, и каждое проданное изделие приносит дополнительный операционный убыток.

Будем считать, что постоянные затраты на ОКР уже понесены разработчиком изделия ранее и не должны влиять на текущие решения. Тогда, руководствуясь лишь экономическими соображениями и рассуждая строго в рамках данного проекта, его следует немедленно прекратить, если нет оснований полагать, что совокупный объем продаж за ЖЦИ не достигнет порога Q^* . Разумеется, здесь всюду имеются в виду ожидания, прогнозы будущих объемов продаж. Их точное и достоверное прогнозирование на столь волатильных рынках (подробнее см. [2]) и на столь длительные периоды (20-30 и более лет) вряд ли возможно – но, по крайней мере, можно относительно достоверно оценить возможность или невозможность достижения порога операционной рентабельности производства Q^* , оценив будущие объемы продаж по порядку величины.

Рис. 1. Характерный вид зависимости совокупной прибыли проекта от суммарного объема продаж за ЖЦИ

Рис. 2. Характерный вид зависимости средней себестоимости изделий от накопленного объема производства

Если все-таки есть основания полагать, что спрос будет достаточным для преодоления этого порога, а текущий уровень производственных мощностей недостаточен для удовлетворения такого спроса на протяжении ЖЦИ – тогда необходимо сопоставить:

- ожидаемый в будущем объем операционной прибыли;
- потребные инвестиции в расширение, наращивание кадрового потенциала и материально-технической базы производства.

Теперь перейдем к стратегическим аспектам развития соответствующих проектов. Необходимо количественно оценить их влияние на эффективность последующих проектов и программ, учитывая накопление компетенций, которое и составляет суть эффекта обучения. Здесь достаточно ограничиться эффектом обучения в производстве – аналогичные эффекты в эксплуатации, влияющие на рыночный потенциал отрасли, требуют отдельного анализа.

Даже если данный проект останется убыточным, при его реализации может быть накоплен опыт использования современных производственных технологий, которые далее получают применение и в новых проектах (в т.ч. нового технологического уклада). В этом случае производители, имеющие такой накопленный опыт, смогут с самого начала реализации новых проектов обеспечить:

- во-первых, более низкую себестоимость производства новых изделий, «обучившись» на производстве текущих «переходных» продуктов;
- во-вторых, более высокий темп выпуска новых изделий (за счет более низкой трудоемкости, достигнутой благодаря накопленному опыту), что позволит занять более высокую долю весьма инертного рынка изделий длительного пользования.

Для анализа эффективности описанной стратегии следует, фактически, рассматривать финансовую модель реализации уже нового проекта, принадлежащего к новому технологическому укладу. Однако процесс производства этих принципиально новых изделий будет иметь «стартовый гандикап» в виде некоторого опыта выпуска изделий предыдущего поколения (который, в общем случае, переходит в производство новых изделий не на 100%, а с некоторым коэффициентом технологической общности, все-таки меньшим 1). С одной стороны, разумеется, чем он выше, тем лучше, при прочих равных условиях. С другой стороны, его накопление в рамках текущих убыточных проектов имеет свою цену, которую уже следует учитывать в модели реализации проекта нового технологического уклада.

Если совокупный (за ЖЦИ) объем выпуска текущих продуктов ниже, чем обсуждавшийся ранее порог Q^* , тогда каждое новое изделие «переходного» типа приносит дополнительный операционный убыток. Если же $Q > Q^*$, тогда с ростом объема выпуска текущих продуктов и эффективность их производства возрастает, и повышается эффективность будущих проектов. Таким образом, в случае $Q > Q^*$ задача тривиальна, и текущие проекты следует продолжать (расширяя мощности для обеспечения выпуска на уровне ожидаемого спроса) как с точки зрения их собственной эффективности, так и со стратегической долгосрочной точки зрения.

Наиболее интересен случай, когда $Q < Q^*$. Как следует из проведенного выше качественного анализа, в принципе возможны ситуации, когда такой проект, даже если его целесообразно немедленно свернуть с точки

зрения его собственной эффективности, все-таки целесообразно продолжать, и даже увеличить до некоторого предела производственные мощности, потому что он позволит заранее накопить опыт реализации новых производственных технологий, которые пригодятся в будущем технологическом укладе. Экономико-математическое моделирование может помочь в оценке соответствующих условий и целесообразного уровня производственных мощностей текущего проекта.

Вначале опишем общий подход к экономико-математическому моделированию авиастроительных проектов. Обозначим общий объем выпуска за ЖЦИ Q , цену изделий P . Полные издержки $TC(Q)$ складываются из постоянных FC (прежде всего, на ОКР и подготовку производства, включая инвестиции в создание производственных мощностей) и переменных $VC(Q)$. Будем считать, что они складываются, прежде всего, из прямых затрат – трудовых $C_{\text{тр}}(Q)$ и материальных $C_{\text{мат}}(Q)$. Тогда общая прибыль за ЖЦИ составит

$$\Pi(Q) = P \cdot Q - TC(Q) = P \cdot Q - FC - C_{\text{мат}}(Q) - C_{\text{тр}}(Q).$$

Будем считать, что удельные материальные затраты на одно изделие $C_{\text{мат}}$ не изменяются с ростом накопленного выпуска: $\frac{\partial c_{\text{мат}}}{\partial q} \equiv 0$. Тогда суммарные материальные затраты за ЖЦИ выражаются линейной формулой:

$$C_{\text{мат}}(Q) = c_{\text{мат}} \cdot Q.$$

Затраты на оплату труда будем оценивать с учетом эффекта обучения в производстве, т.е. трудовые затраты на каждый последующий экземпляр изделия изменяются в зависимости от накопленного выпуска:

$$C_{\text{тр}}(Q) = \sum_{q=1}^Q c_{\text{тр}}(q),$$

где $c_{\text{тр}}(q)$ – стоимостные трудозатраты на производство q -го изделия (с момента начала производства изделий данного типа), причем, $\frac{\partial c_{\text{тр}}}{\partial q} < 0$, что

и отражает эффект обучения. Его конкретные модели называются *кривыми обучения*, и строятся эмпирически, путем статистического анализа реальной трудоемкости производства изделий. Предположим, что кривая обучения в самолетостроении имеет следующий вид:

$$c_{\text{тр}}(q) = c_{\text{тр}}(1) \cdot (1 - \lambda)^{\log_2 q},$$

где λ – *темп обучения*, т.е. при каждом удвоении накопленного выпуска, удельные стоимостные трудозатраты на производство очередного изделия сокращаются на $(100 \cdot \lambda)\%$. При больших значениях накопленного выпуска (порядка нескольких сотен или тысяч изделий) справедлива следующая приближенная формула для суммарных стоимостных трудозатрат на производство Q изделий:

$$\sum_{q=1}^{q=Q} c_{\text{тр}}(q) = c_{\text{тр}}(1) \cdot \sum_{q=1}^{q=Q} (1-\lambda)^{\log_2 q} \approx c_{\text{тр}}(1) \cdot \frac{Q^a}{a},$$

где $a = 1 + \log_2(1-\lambda)$ – вспомогательная константа, отражающая темп обучения.

Для анализа стратегических аспектов реализации текущих проектов необходимо рассмотреть такие модели двух связанных проектов – нового и предыдущего. Параметры и переменные моделей, относящиеся к ним, обозначим соответствующими верхними индексами. Прибыль от реализации нового проекта будет выражаться следующей общей формулой:

$$\Pi^{\text{нов}}(Q^{\text{нов}}) = P^{\text{нов}} \cdot Q^{\text{нов}} - FC^{\text{нов}} - C_{\text{мат}}^{\text{нов}}(Q^{\text{нов}}) - C_{\text{тр}}^{\text{нов}}(Q^{\text{нов}}).$$

Наличие накопленного в предыдущем проекте опыта повлияет на стоимостные трудозатраты. В рамках описанной модели можно считать, что производство изделий нового поколения начинается не «с нуля», а с накопленным опытом выпуска изделий предыдущего поколения $Q^{\text{пред}}$, который будет учтен с некоторым коэффициентом технологической общности изделий этих двух поколений $k_{\text{общ}} < 1$:

$$C_{\text{тр}}^{\text{нов}}(Q^{\text{нов}}) = \sum_{q=k_{\text{общ}} \cdot Q^{\text{пред}}}^{k_{\text{общ}} \cdot Q^{\text{пред}} + Q^{\text{нов}}} c_{\text{тр}}^{\text{нов}}(q).$$

При наличии эффекта обучения, разумеется, наличие любого предшествовавшего опыта снизит трудовые издержки и повысит прибыль проекта в целом: $\frac{\partial C_{\text{тр}}^{\text{нов}}}{\partial Q^{\text{пред}}} < 0$. Однако накопление этого опыта в предыдущем, убыточном проекте не является бесплатным. Правоммерно считать «ценой» накопления этого опыта разность переменных (прямых) затрат предыдущего проекта и полученной в нем выручки, поскольку часть понесенных в предыдущем проекте затрат все-таки возмещается при продаже продукции. Здесь рассматривается случай, когда эта разность все-таки положительна: $VC^{\text{пред}}(Q^{\text{пред}}) > P^{\text{пред}} \cdot Q^{\text{пред}}$, т.е. предыдущий проект так и не вышел на операционную рентабельность (поскольку $Q^{\text{пред}} < Q^*$, см. рис. 2). Если считать, что прочие составляющие и параметры функции прибыли нового проекта не зависят от предыдущего, тогда «стратегические» аспекты реализации предыдущего убыточного проекта формально выражаются следующей функцией:

$$\begin{aligned} \Delta C &= C_{\text{тр}}^{\text{нов}}(Q^{\text{нов}}) + C_{\text{тр}}^{\text{пред}}(Q^{\text{пред}}) + C_{\text{мат}}^{\text{пред}}(Q^{\text{пред}}) - P^{\text{пред}} \cdot Q^{\text{пред}} = \\ &= \frac{c_{\text{тр}}^{\text{нов}}(1)}{\alpha} \cdot \left[(k_{\text{общ}} \cdot Q^{\text{пред}} + Q^{\text{нов}})^{\alpha} - (k_{\text{общ}} \cdot Q^{\text{пред}})^{\alpha} \right] + \frac{c_{\text{тр}}^{\text{пред}}(1)}{\alpha} \cdot (Q^{\text{пред}})^{\alpha} + (c_{\text{мат}}^{\text{пред}} - P^{\text{пред}}) \cdot Q^{\text{пред}} = \\ &= \frac{c_{\text{тр}}^{\text{нов}}(1)}{\alpha} \cdot (k_{\text{общ}} \cdot Q^{\text{пред}} + Q^{\text{нов}})^{\alpha} + \frac{(Q^{\text{пред}})^{\alpha}}{\alpha} \cdot \left[c_{\text{тр}}^{\text{пред}}(1) - c_{\text{тр}}^{\text{нов}}(1) \cdot k_{\text{общ}}^{\alpha} \right] + (c_{\text{мат}}^{\text{пред}} - P^{\text{пред}}) \cdot Q^{\text{пред}}. \end{aligned}$$

Объемы выпуска изделий в предыдущем, убыточном проекте следует подобрать так, чтобы получившаяся величина была минимальной:

$$\Delta C \rightarrow \min_{Q^{\text{пред}}}.$$

Конкретные количественные оценки и предметные рекомендации по развитию текущих проектов российского гражданского авиастроения можно выработать, проводя с помощью предложенной модели параметрические расчеты на основе реалистичных исходных данных этих проектов, которые должны содержаться в их бизнес-планах. Однако уже сейчас можно провести качественный анализ построенной модели.

Для того, чтобы реализация предыдущего проекта была эффективной, со стратегической точки зрения, оптимальное решение полученной оптимизационной задачи должно быть ненулевым. Предпосылки к этому есть, судя по общему виду полученной итоговой формулы для ΔC . Прежде всего, все-таки правомерно полагать, что $c_{\text{мат}}^{\text{пред}} < P^{\text{пред}}$ – иначе производство изделий предыдущего поколения было бы заведомо невыгодным, несмотря на эффект обучения, при любом объеме продаж за ЖЦИ. Следовательно, третье слагаемое в полученной формуле заведомо отрицательно и продолжает убывать (увеличиваться по модулю) с ростом $Q^{\text{пред}}$. Первое всегда положительно и растет с ростом $Q^{\text{пред}}$, хотя и медленнее, чем при линейной зависимости. Что касается среднего слагаемого в итоговой формуле, оно может сокращаться (увеличиваться по модулю) с ростом $Q^{\text{пред}}$, если будет отрицательной разность в квадратных скобках, т.е. при условии, что

$$c_{\text{тр}}^{\text{пред}}(1) < c_{\text{тр}}^{\text{нов}}(1) \cdot k_{\text{общ}}^{\alpha}.$$

Итак, технологическая общность изделий предыдущего и нового поколений должна быть достаточно высокой, и при этом стоимостная трудоемкость производства изделий предыдущего поколения должна быть ниже трудоемкости производства изделий нового поколения (желательно – много ниже, поскольку их технологическая общность все-таки не 100%-ная). За счет чего такое сочетание параметров в принципе могло бы иметь место?

Стоимостная трудоемкость определяется натуральной трудоемкостью, выраженной в чел·ч на единицу продукции, и ставками оплаты труда. Искомое сочетание условий означает, что эти ставки при производстве изделий нового поколения будут значительно выше, чем для предыдущего, либо натуральная трудоемкость производства изделий предыдущего поколения существенно ниже, чем для нового – и, тем не менее, выпуск изделий предыдущего поколения способствует эффективному накоплению опыта для выпуска изделий нового поколения. Т.е. текущий проект играет роль «учебно-тренировочного» для последующих проектов нового технологического уклада.

Выводы

При планировании развития текущих проектов гражданского авиастроения – вероятнее всего, планово-убыточных – следует исходить из возможностей минимизации убытков, с учетом эффекта обучения в производстве. Если есть основания полагать, что будущие объемы продаж изделий превысят порог, начиная с которого (благодаря эффекту обучения) выпуск продукции приносит хотя бы операционную прибыль, может быть целесообразным наращивать уровень производственных мощностей до величины, обеспечивающей прогнозируемый объем производства (сопоставив необходимые дополнительные инвестиции и ожидаемый объем операционной прибыли).

Но даже если ожидается, что указанный порог «операционной окупаемости» не будет достигнут, прежде чем принять решение о закрытии этого заведомо убыточного проекта, следует учитывать его возможное влияние на реализацию будущих проектов отрасли, принадлежащих уже новому технологическому укладу. В рамках текущих проектов могут создаваться или сохраняться компетенции, необходимые для выпуска изделий нового технологического уклада. Качественный анализ разработанной экономико-математической модели показывает, что наиболее сильно указанный «стратегический» эффект накопления компетенций проявится в том случае, если их накопление в рамках текущих «переходных» проектов обходилось относительно дешево, а в рамках новых проектов они уже будут «стоять» существенно дороже.

Литература

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы».
2. Гусманов Т.М., Ключков В.В. Экономические проблемы развития авиационной промышленности в условиях нестабильного спроса на авиаперевозки // Экономическая наука современной России. 2008. № 3. С. 98-109.
3. Ключков В.В. Модели рынков услуг и работ по модернизации авиатехники // Технология машиностроения. 2008. № 7. С. 67-71.
4. Ключков В.В. Управление инновационным развитием гражданского авиастроения. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 280 с.
5. Ключков В.В. Экономика: учебное пособие для вузов. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 684 с.
6. Ключков В.В., Гусманов Т.М. Проблемы прогнозирования спроса на перспективные пассажирские самолеты российского производства // Проблемы прогнозирования. 2007. № 2. – С. 16-31.
7. Ключков В.В., Критская С.С. Метод оценки стартовой скидки на новые типы гражданских воздушных судов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2014. № 45 (231). – С. 2-11.
8. Ключков В.В., Нижник М.В. Анализ емкости российского рынка гражданской авиатехники и рисков ее изменения // Маркетинг в России и за рубежом. 2009. № 4. – С. 98-112.
9. Ключков В.В., Шкадова А.А., Ждановский А.В. Экономические аспекты морального устаревания авиатехники // Технология машиностроения. 2008. № 11. – С. 65-70.

*Поступила в редакцию**05.10.2019*

Клочков Владислав Валерьевич – доктор экономических наук, кандидат технических наук, заместитель генерального директора Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Россия; ведущий научный сотрудник Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, Россия.

Klochkov Vladislav V. – Doctor of Economic Science, Candidate of Engineering Science, National research center «Institute named after N.E. Zhukovsky», deputy general director, Zhukovsky; V.A. Trapeznikov Institute of Control Science RAS, leading research fellow, Moscow, Russia.

Рождественская Софья Михайловна – начальник отдела Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Россия.

Rozhdestvenskaya Sofia M. – head of section, National research center «Institute named after N.E. Zhukovsky», Zhukovsky, Russia.

Россия, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, 65
65, str. Profsoyuznaya, Moscow, 117997, Russia
Россия, 140180, г. Жуковский, ул. Жуковского, 1
1, Zhukovsky st., 140180, Zhukovsky, Russia
e-mail: vlad_klochkov@mail.ru
e-mail: sonyakrupina@gmail.com