

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ЗАТРАТ НА ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

(ОБЗОР)

Ф. Г. ГУРВИЧ

(Москва)

Проблемы обоснования затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) стоят в ряду наиболее сложных экономических проблем, выдвинутых современной научно-технической революцией.

Работа по технико-экономическому обоснованию исследований и разработок приобрела особое значение в последние годы в связи с ростом сложности НИОКР, повышением динамичности развития техники, влекущих за собою повышение уровня финансирования и неопределенности оценок перспектив.

Необходимость подтверждения целесообразности значительных ассигнований, выделяемых в промышленно развитых странах на нужды науки и разработку новой техники, вызвала появление большого числа методов оценки и выбора наиболее предпочтительных проектов НИОКР. Методы оценки и выбора проектов, используемые в настоящее время за рубежом, можно разделить на три основные группы [1]: 1) методы «экономического анализа», 2) методы исследования операций, 3) методы теории решений.

В предлагаемом обзоре рассмотрены некоторые наиболее характерные особенности финансирования НИОКР за рубежом, основные факторы, влияющие на размеры финансирования, и подходы, используемые для оценки величины затрат и вероятности успеха НИОКР в капиталистических фирмах и корпорациях. Особое внимание уделено так называемым методам «экономического анализа», широко применяемым на уровне промышленных фирм при выборе проектов НИОКР, установлении величины и направленности затрат.

Поскольку задача разработки обоснованных оценок экономической эффективности НИОКР становится в нашей стране все более актуальной, критическое ознакомление с некоторыми методами такой оценки, используемыми за рубежом, будет, на наш взгляд, полезно тем, кто занимается теорией и практикой планирования и финансирования НИОКР.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИНАНСИРОВАНИЯ НИОКР В ПОСЛЕДНЕЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ

Современный этап научно-технического прогресса неразрывно связан со все возрастающими потребностями в ресурсах и необходимостью централизации научных исследований и работ по созданию новой техники. Условия же капиталистического общества не позволяют осуществлять централизованное финансирование НИОКР в масштабах страны.

Вместе с тем в развитых капиталистических странах делаются попытки финансировать за счет государства наиболее важные исследования и разработки, проводящиеся в частных фирмах и корпорациях. Так, в США государство финансирует $\frac{2}{3}$ средств, выделяемых в стране на НИОКР. При этом государственные учреждения осваивают лишь $\frac{1}{6}$ часть этих ассигнований, тогда как частные фирмы и корпорации, тратя на НИОКР менее $\frac{1}{3}$ собственных средств, осуществляют по контрактам с правительственными организациями и университетами $\frac{3}{4}$ национального объема НИОКР [2]. Более 50% составляет сейчас доля государственного финансирования в общем объеме затрат на НИОКР в Англии и во Франции.

Большое влияние на этот процесс оказывает милитаризация науки в крупнейших капиталистических странах. В настоящее время более половины средств, выделяемых на науку в США, Англии и Франции, расходуется на военные нужды, причем частные фирмы и корпорации выполняют значительную часть этих исследований и разработок. В 1969/70 гг., например, Министерство обороны США заключило первичные контракты на НИОКР на общую сумму в 5566 млн. долл. с 1949 подрядчиками, 1545 из которых были частными промышленными организациями [3].

Объем финансирования НИОКР зависит в значительной мере от размеров частной организации. В промышленности США, например, научные исследования и разработки проводят 13 400 корпораций и фирм, однако на долю 433 крупнейших из них приходится 87% всех средств, расходующихся промышленностью на НИОКР [4].

Капиталистическое государство обычно берет на себя расходы на те исследования, которые оказываются коммерчески невыгодными или обладают большой неопределенностью. Государство финансирует в частных фирмах НИОКР, связанные с созданием систем вооружения, работы, обеспечивающие престиж государства (исследование космоса, международные программы, связанные с крупными ассигнованиями), а также фундаментальные исследования и работы, не сулящие прибыли, но необходимые для пополнения ресурсов страны и расширения знаний в области социальных и медицинских наук (геология, океанография, медицина, охрана среды и т. п.). Это позволяет частным фирмам и корпорациям уменьшить риск того, что результаты НИОКР могут оказаться экономически неоправданными. О величине этого риска можно судить по тому, что, например, в США из 27 тыс. видов новой продукции, представленных в 1965 г. службами ведущих отраслей промышленности, на создание которых было затрачено 4,1 млрд. долл., лишь 20% было принято к производству. В среднем стоимость разработки нового вида продукции в американской промышленности составляет 150 тыс. долл. Однако с учетом того, что лишь один из пяти разработанных продуктов реализуется на рынке, эта сумма возрастает соответственно до 750 тыс. долл. [5].

Если до недавнего времени фирмы стремились инвестировать как можно больше средств в исследования и разработки в расчете на быстрое увеличение прибылей, то сегодня все более четко проявляется тенденция к повышению доходов путем снижения затрат на неэффективные или малоэффективные НИОКР. Это требует заблаговременного ответа на вопрос, смогут ли результаты работы над проектами НИОКР, которые будут получены через несколько лет, действительно принести ожидаемый эффект.

Опыт последнего десятилетия показывает, что затраты на НИОКР росли быстрее, чем численность занятых на этих работах. Стоимость исследовательских работ в пересчете на одного занятого в науке выросла в США с 23 тыс. долл. в 1954 г. до 40 тыс. долл. в 1965 г. и до 49 тыс. в 1970 г. Тенденция роста расходов на одного работающего в науке вызывает есте-

ственный вопрос о том, как влияет абсолютное и относительное повышение уровня финансирования на отдачу НИОКР.

В работе [6] показано, например, что в США отдача одного работающего в науке растет в два раза медленнее, чем затраты на исследования. К такому же выводу приходит автор работы [7], сопоставляя количество патентов и научных публикаций в США с затратами на промышленные исследования.

Проблема установления определенных соотношений между затратами на НИОКР и какой-то другой переменной, которую можно было бы использовать в качестве критерия при сопоставлении сметы на перспективу, в настоящее время не имеет однозначного решения. Решение этой проблемы усложняется тем, что по ряду критериев отдача НИОКР на единицу затрат имеет тенденцию к относительному снижению. Это затрудняет использование статистических данных о финансировании НИОКР в прошлом в качестве базы для оценки перспектив.

Рост сложности научных исследований и разработок, трудности организации процесса создания новых технических устройств и наличие многочисленных технических и экономических неопределенностей ведут к появлению ошибок при оценке величины перспективных затрат на НИОКР. Особенно большие расхождения возникают в передовых областях науки и техники, там, где осуществляются наиболее значительные технические скачки. Здесь оценки стоимости и времени выполнения НИОКР обычно оказываются чрезмерно оптимистичными*. Такие ошибки постоянно возникают за рубежом, например, в области авиации и космических исследований. Так, первоначальная оценка затрат на проект «Авангард» колебалась в диапазоне 20—30 млн. долл., в то время как фактические затраты были свыше 100 млн. долл.; затраты на проект «Меркурий» оценивались в начале работы над проектом в 200 млн. долл., а фактически составили более 400 млн. долл. [8]. В 1962 г. предполагалось, что стоимость разработки сверхзвукового пассажирского самолета «Конкорд» будет 150—170 млн. фунтов стерлингов, в 1964 г. расчетная стоимость проекта возросла до 280 млн. фунтов, в 1966 г. — до 500 млн., а в 1970 г. — до 825 млн. фунтов стерлингов [9].

Очевидно, во многих областях точно оценить перспективные затраты на НИОКР просто невозможно. Поэтому любая программа финансирования НИОКР рассматривается за рубежом как долгосрочное финансовое обязательство, которое должно периодически корректироваться, с тем чтобы своевременно реагировать на изменения в направлении научно-технического прогресса, в рыночной конъюнктуре и в политике государства. Игнорирование этого принципа ведет обычно к тому, что ценность трудоемких и хорошо выполненных НИОКР снижается или сводится к нулю лишь из-за того, что не были во время учтены новые направления научно-технического прогресса или изменения потребительского спроса.

Основными факторами, влияющими на размеры финансирования НИОКР на уровне корпорации и фирмы, являются стремление к получению высоких текущих прибылей, исследовательские усилия конкурентов, наличие ресурсов, возможность и сроки реализации результатов НИОКР в производстве и на рынке. Имеется еще большое число дополнительных факторов, оказывающих прямое и косвенное влияние на расходы на НИОКР, такие, как необходимость сохранения высококвалифицированного исследовательского персонала, имеющийся задел научных идей, престиж фирмы и др.

* Следует учитывать, что определенную роль в этих случаях играет и стремление капиталистических фирм получить от государства выгодные заказы.

В зависимости от размеров и целей капиталистической фирмы один из этих факторов или несколько могут стать доминирующими. Если руководители фирмы считают, что прибыль находится на удовлетворительном уровне, они могут стремиться к увеличению объема продаж. Это необходимо для сохранения конкурентоспособности фирмы. В свою очередь увеличение объема продаж обычно должно сопровождаться снижением цены продукции, а такое снижение может потребовать дополнительных затрат на НИОКР.

Обычно фирма устанавливает свои цели исходя из потребностей и желательных областей развития. Сопоставление потребностей с существующими возможностями определяет области «дефицита», на основе чего устанавливается, сколько ресурсов должно быть выделено на дальнейшее развитие фирмы и, в частности, на НИОКР.

Во всех случаях сумма средств, которые могут быть выделены на НИОКР, лимитируется двумя пределами: необходимостью обеспечения приемлемой прибыли и объемом ресурсов, которые фирма может направить на НИОКР. Экономические ограничения приводят к тому, что из большого количества проблем и задач, стоящих перед фирмой, выбираются наиболее важные и эффективные, решение которых обеспечивает необходимый уровень прибылей и конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Все эти факторы вызвали повышенный интерес в капиталистических странах к проблемам оценки перспективных затрат на НИОКР, к методам сопоставления предполагаемых затрат и поступлений, оценки ожидаемого риска и выявлению расхождений между предварительными оценками и фактическими затратами.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЗАТРАТ НА НИОКР

Несмотря на невозможность точной оценки величины затрат, необходимых для проведения НИОКР, каждая фирма стремится произвести предварительную, прикидочную оценку этих затрат на достаточно длительный период.

При этом используются два основных подхода: сравнительный и аналитический. Целью сравнительного подхода является установление соотношений между затратами на НИОКР и какой-либо связанной с ними переменной. На основе аналитического подхода пытаются установить функциональные зависимости между затратами на НИОКР и результатами, которые будут получены в будущем.

Можно выделить несколько методов оценки затрат на НИОКР с помощью сравнительного подхода: установление зависимости между валовым национальным продуктом и затратами на одного исследователя; определение соотношения между затратами на НИОКР и объемом продаж фирмы; сопоставление затрат на НИОКР с долей новых и улучшенных видов продукции и др.

Исследования ряда авторов показывают, что в масштабах каждой страны можно установить сравнительную зависимость между валовым национальным продуктом на душу населения и затратами на одного исследователя, а также между валовым национальным продуктом на душу населения и стоимостью материалов и технического оборудования на одного исследователя. В работе [10] отмечается, что в первом случае имеет место высокая корреляционная зависимость, равная 0,9*. Исходя из этого в

* Как известно, в развитых капиталистических странах соотношение затрат на НИОКР к валовому национальному продукту колеблется в пределах 1,5—4%.

ряде фирм пытаются дать оценку перспективных затрат на НИОКР на основе прогнозов динамики валового национального продукта.

Такой сравнительный показатель, как отношение затрат на НИОКР к объему продаж, характеризует влияние исследований и разработок на результаты деятельности фирмы. Хотя объем продаж зависит не только от расходов на НИОКР, но также и от усилий, которые затрачивает фирма на овладение рынком сбыта, от масштабов производства и состояния национальной экономики, предполагается, что можно разделить влияние этих факторов и установить приближенную зависимость между затратами на НИОКР и увеличением объема продаж.

Оценивать затраты на НИОКР можно и путем сопоставления их с долей новых и улучшенных видов продукции. Обычно фирмы используют различие между НИОКР «наступательными», которые направлены на разработку новой продукции, и «оборонительными», направленными на улучшение существующей продукции. Поскольку сбыт новой и улучшенной продукции является результатом исследований, проведенных в прошлые годы, сопоставление затрат на НИОКР и полученных результатов производится с учетом лага.

С этой целью статистические данные о динамике прибылей и объеме продаж анализируются в совокупности с данными о расходах на разработку новой и улучшенной продукции.

Возможная последовательность сопоставления затрат на разработку с объемом продаж показана в работе [11]. Прежде всего рассчитывается отношение между полным ежегодным объемом продаж и объемом продаж старой продукции. Для этого определен год, в течение которого происходило ускоренное введение новой улучшенной продукции, принимается за базовый. Новые или улучшенные виды продукции, введенные после этого года, классифицируются как «новые», а те виды, которые были введены раньше этого года, рассматриваются как «старые». Затем устанавливается зависимость между отношением полного объема продаж к старому объему продаж и затратами на НИОКР по годам.

Хотя это отношение в значительной степени зависит от затрат на НИОКР, введение новой продукции обычно требует также и увеличения капиталовложений на приобретение дополнительного оборудования, обеспечивающего рост объема и ассортимента выпускаемой продукции. Другими словами, величина капиталовложений на единицу продаваемой продукции возрастает с увеличением отношения полного сбыта к старому, но в большинстве случаев это делается с уменьшающейся скоростью.

Кроме того установлено, что увеличение отношения полного сбыта к старому сопровождается увеличением отношения между затратами на производство продукции и годовым доходом от сбыта. Основной причиной этого является то, что попытка разработать и сбыть новые виды продукции вынуждает фирмы первоначально использовать малоэффективные методы производства. Таким образом, увеличение уровня стоимости производства продукции связано с ростом уровня сбыта так, что рост сбыта вызывает более чем пропорциональное увеличение затрат.

Зависимость между отношением полного объема продаж к объему продаж старой продукции и затратами на НИОКР можно представить в форме зависимости между затратами на НИОКР и полным объемом продаж при заданном объеме сбыта старой продукции. Для этого необходимо подготовить оценку изменения сбыта старой продукции по годам. Другими словами, можно сказать, что при заданном сбыте старой продукции суммарные расходы на НИОКР определяют величину объема продаж. Хотя эта зависимость и не является односторонней и причины, которые определяют величину затрат на НИОКР являются слишком сложными, чтобы их

можно было описать с помощью одной переменной (такой, как объем продаж), установлению статистических зависимостей между этими величинами в фирмах придается большое значение.

Так как одной из основных целей капиталистической фирмы является увеличение прибылей, делаются попытки рассчитать функциональную зависимость между объемом прибылей и затратами на НИОКР с помощью аналитического подхода.

В работе [12] показано, что анализ динамики во времени полных прибылей фирмы и доли прибылей, полученных в результате НИОКР, в сопоставлении с затратами на исследования и разработки позволяет установить величину временного лага и оценить величину затрат на перспективный период. График, построенный по материалам ряда химических фирм США (рис. 1), служит примером базы для оценки затрат и прибылей.

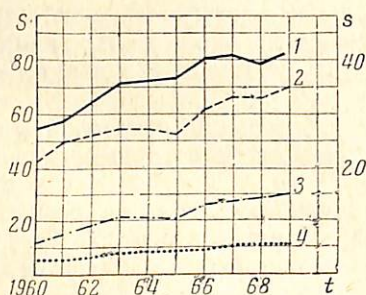


Рис. 1

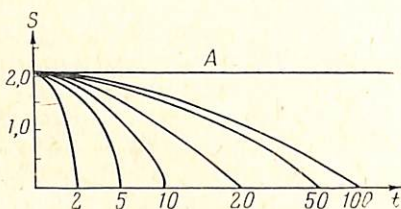


Рис. 2

Рис. 1. Динамика прибылей от НИОКР и затрат на них: S — прибыль (в млн. долл.); s — процент; t — годы; 1 — полная прибыль; 2 — процент прибылей, полученных в результате НИОКР; 3 — полная прибыль от НИОКР; 4 — затраты на НИОКР

Рис. 2. Отношение между полной прибылью и степенью устаревания продукции: S — полная прибыль в процентах от оборота капитала в год; t — время (в годах)

Основной трудностью здесь является выделение из суммы полной прибыли доли, полученной только за счет НИОКР.

Один из интересных видов аналитического подхода показан в работе А. Харта [13]. Харт допускал, что если фирма прекращает делать вложения, направленные на создание новых видов продукции и улучшение существующей, то через определенное количество лет, зависящее от степени устаревания ее продукции, прибыль фирмы может упасть до нуля. Таким образом, Харт исходил из необходимости проведения НИОКР для «выживания» фирмы.

Типичные кривые уменьшения прибылей изображены на рис. 2. Кривые показывают возможные варианты снижения прибылей у фирмы, которая не ведет НИОКР. Линия A показывает, что при осуществлении НИОКР, прибыль фирмы остается неизменной. При расчете кривых использован метод «дисконтированного потока средств», широко применяемый за рубежом. Описание этого метода для экономической оценки перспективных проектов будет дано ниже.

Метод Харта позволяет предсказать максимум суммы, которую должна вкладывать фирма в НИОКР. Харт предполагает, что фирма, которая производит быстро устаревающую продукцию, должна тратить на НИОКР относительно больше, чем фирма, имеющая стабильный рынок. Это логично и согласуется с опытом: там, где продукция имеет высокую степень морального износа, обычно затрачивается много средств на НИОКР. Исходя

из этого предположения рассчитывается, как должны меняться затраты на НИОКР в зависимости от степени устаревания продукции.

Кривая на рис. 3 показывает, что только при очень низкой ожидаемой «жизни» продукции необходимы затраты на НИОКР, равные величине ежегодной прибыли фирмы (в данном примере составляющей 15%); при более стабильной продукции затраты на НИОКР могут быть уменьшены до 3%.

Очевидно, все эти рассуждения относятся к так называемым «оборонительным» НИОКР, обеспечивающим выживание фирмы. Естественно, что фирмы стремятся не только к сохранению своих прибылей, но и к их приумножению, т. е. проводят политику «наступательных» НИОКР. Методика Харта может быть использована и в этом случае. Если представить, что происходит ежегодный прирост прибыли, например, на 2% (т. е. ли-

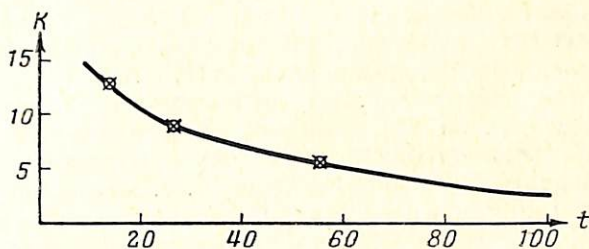


Рис. 3. Максимальные затраты на НИОКР как функция от продолжительности «жизни» продукции: K — максимальные затраты на НИОКР в процентах от оборота капитала в год; t — годы «жизни» продукции.

ния A на рис. 2 будет иметь двухпроцентный подъем), то можно рассчитывать, что новая кривая на рис. 3 будет проходить параллельно имеющейся кривой, выше по шкале ординат. Соответственно любая другая более высокая степень прироста будет отражаться на рис. 3 более «высокой» кривой. Вместе с тем желательно установить ограничения роста исходя из реальной продолжительности жизни продукции, поскольку существует опасность, что излишние затраты на НИОКР могут служить причиной преждевременного устаревания продукции.

С помощью аналитических и сравнительных методов каждая фирма пытается с определенной степенью точности установить предполагаемую сумму затрат на НИОКР. Однако по признанию руководства фирм и корпораций конкурентная борьба на рынках оказывает огромное влияние на размеры прибылей и продаж, а следовательно, и на эффективность затрат на НИОКР.

Стремясь сохранить и приумножить прибыли, фирмы увеличивают усилия, направленные на улучшение качества решений в области финансирования НИОКР. При решении этих проблем обычно возникают следующие вопросы:

— сколько средств на НИОКР нужно выделить на перспективный период?

— как разделить эти средства между различными типами исследований и разработок?

— сколько средств выделить на каждый специальный проект НИОКР?

Работа по подготовке к распределению средств на НИОКР в фирмах состоит обычно из трех основных этапов: 1) установления контролируемой доли рынка и необходимых для ее обеспечения темпов роста фирмы;

2) определения объема исследований, необходимых для разработки новой продукции и совершенствования существующей; 3) выбора исследовательских проектов, обеспечивающих нужный темп роста и соответствующий объем прибылей. Для выбора проектов используются методы экономического анализа.

МЕТОДЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И УЧЕТА РИСКА

Основная задача так называемого «экономического анализа» — сопоставление предполагаемых затрат на НИОКР с возможными поступлениями средств от каждого альтернативного проекта.

Серьезной трудностью является невозможность точных оценок в отношении будущих затрат и, особенно, поступлений. Однако поскольку эти методы находят применение на стадии предварительного рассмотрения исследовательских проектов, они считаются приемлемыми для выбора наиболее предпочтительных вариантов НИОКР.

Методы экономического анализа, используемые в зарубежных фирмах, можно разделить на две категории: 1) статические (сравнение затрат, прибылей, срока окупаемости исходя из установленных заранее оценок этих величин) и 2) динамические, т. е. методы анализа с учетом изменения этих величин во времени. Поскольку статические методы мало отличаются от методов расчета эффективности капиталовложений, остановимся на динамических методах экономического анализа.

Рассмотрим три наиболее широко используемых метода экономического анализа: 1) «чистой настоящей ценности»; 2) «внутренней нормы дисконта»; 3) «показателей рентабельности».

В динамических методах оценки предлагаемой экономической выгоды проектов основываются на сопоставлении расходов и доходов с учетом распределения их во времени. Наиболее широко при оценке проектов НИОКР применяется расчет дисконтированного потока средств, обеспечивающий корректирование доходов и расходов (как текущих, так и капитальных) в зависимости от продолжительности существования проекта. Норма дисконтирования определяется либо как процент, под который могут быть получены деньги в кредит, либо как процент, под который можно было бы положить в банк свободные деньги и получить такую же прибыль, как если бы они были вложены в исследовательский проект.

Монотонно убывающая во времени весовая функция отражает уменьшение интереса к доходам в далеком будущем и, таким образом, стимулирует сокращение сроков осуществления проектов.

Будущая ценность затрат через y лет с учетом дисконтирования может быть рассчитана как

$$X_y = X(1 + i)^y, \quad (1)$$

где X — затраты в настоящий момент, i — норма дисконта.

Тогда «настоящая ценность» средств, вложенных или полученных в будущем, может быть вычислена по формуле

$$X_p = \frac{X}{(1 + i)^y}. \quad (2)$$

Из этого следует, что: 1) все расходы и поступления средств могут быть представлены через их «настоящую ценность», 2) процентная ставка дисконта определяет их эквивалентность и 3) накопленный денеж-

ный поток в любой момент существования проекта может быть представлен в виде разности между дисконтированными поступлениями и расходами.

Метод «чистой настоящей ценности», используемый для выбора проектов НИОКР, основан на предположении, что наиболее предпочтительные проекты должны иметь положительную «чистую настоящую ценность». Это означает, что если, например, принята 8%-ная норма дисконта, то проект должен обеспечить 8%-ную прибыль на вложенный капитал и возврат первоначальных вкладов. В табл. 1 дан пример расчета «чистой настоящей ценности» для проекта продолжительностью в 10 лет [14].

При определении «внутренней нормы дисконта» проект считается удовлетворительным, если в момент его окончания сумма дисконтированных поступлений и расходов равна нулю, а внутренняя норма дисконта проекта превышает минимально допустимую. Пример расчета внутренней нормы процента для проекта продолжительностью в 10 лет дан в табл. 2.

Таблица 1

Расчет «настоящей чистой ценности» проекта

Годы	Затраты	Поступления	Чистый доход	Коэффициент дисконта при 8%-ной норме	«Настоящая чистая ценность»	Кумулятивная «настоящая чистая ценность» (поток)
0	370	—	—370	1,000	—370	—370
1	40	70	+30	0,926	+28	—342
2	20	70	+50	0,857	+43	—299
3	10	70	+60	0,794	+48	—251
4	10	70	+60	0,735	+44	—207
5	10	70	+60	0,681	+41	—166
6	10	70	+60	0,630	+38	—128
7	10	70	+60	0,584	+35	—93
8	10	70	+60	0,540	+32	—61
9	10	70	+60	0,500	+30	—31
10	10	70	+60	0,463	+28	—3

Таблица 2

Расчет внутренней нормы дисконта проекта

Годы	Затраты	Поступления	Чистый доход	Коэффициент дисконта при 8%-ной норме	«Настоящая чистая ценность»	Кумулятивная «настоящая чистая ценность» (поток)
0	350	—	—350	1,000	—350	—350
1	80	100	+20	0,926	+19	—331
2	90	100	+10	0,857	+9	—322
3	20	100	+80	0,794	+63	—259
4	20	100	+80	0,735	+59	—200
5	20	100	+80	0,681	+54	—146
6	20	90	+70	0,630	+44	—102
7	20	90	+70	0,584	+41	—61
8	20	90	+70	0,540	+38	—23

линия баланса

9	20	90	+70	0,500	+35	+12
10	20	90	+70	0,463	+32	+44

Расчет показателя рентабельности проекта

Таблица 3

Календарная последовательность		Проба № 1 0%-ная норма дисконта	Проба № 2 10%-ная норма дисконта		Проба № 3 25%-ная норма дисконта		Проба № 4 40%-ная норма дисконта	
Календарный год	Период	Сумма фактич. затрат	Коэффициент дисконта	Настоящ. ценность	Коэффициент дисконта	Настоящ. ценность	Коэффициент дисконта	Настоящ. ценность
Предшествующий год	в начале в течение	1000	1,11 1,05	1110	1,28 1,14	1280	1,49 1,23	1490
Последующий год	в начале в течение	800	1,00 0,95	800	1,00 0,89	800	1,00 0,82	800
Полные затраты (А)		1800		1910		2080		2290
Период		Сумма фактич. поступлений	Коэффициент дисконта	Настоящ. ценность	Коэффициент дисконта	Настоящ. ценность	Коэффициент дисконта	Настоящ. ценность
В течение 1-го года		500	0,95	475	0,89	445	0,82	410
В течение 2-го года		1000	0,86	860	0,69	690	0,55	550
.....								
В течение 10-го года		3000	0,39	1170	0,09	270	0,02	60
В течение 11-го года			0,35		0,07		0,02	
В течение 12-го года			0,32		0,06		0,01	
В течение 13-го года			0,29		0,04		0,01	
В течение 14-го года			0,26		0,03		0,01	
.....								
В течение 20-го года			0,14		0,01			
Всего (В)		4500		2505		1405		1020
Отношение $\frac{А}{В}$		0,40		0,76		1,48		2,24

Для нахождения внутренней нормы дисконта, обеспечивающей окупаемость затрат, используется также метод «расчета показателей рентабельности». В табл. 3 показан пример оценки проекта с помощью этого метода [15]. В результате анализа таблицы вычисляется отношение затрат к поступлениям с учетом 10—25- и 40%-ной нормы дисконта. Величины этих отношений наносятся на диаграмму, а затем соединяются плавной кривой. Процентная норма дисконта, обеспечивающая окупаемость затрат, находится путем интерполяции при отношении затрат к поступлениям, равном единице (рис. 4).

Неопределенность оценок будущих затрат и поступлений, возникающая как из-за возможности появления непредусмотренных технических проблем и влияния конкуренции, так и из-за неполноты имеющейся информации, заставила руководство фирм в последние годы прибегать к учету ожидаемого риска.

Можно выделить три группы методов учета риска:

- 1) корректировка расчетов с помощью коэффициентов;
- 2) анализ чувствительности;
- 3) стохастическое моделирование.

Поскольку стохастическое моделирование пока не нашло достаточно широкого практического применения, рассмотрим первые две группы.

Корректировка расчетов с помощью коэффициентов состоит в попытке учесть вероятность технического или коммерческого успеха. Для этого анализируются статистические данные о выполненных проектах НИОКР, на основе которых пытаются установить отклонения в затратах, поступлении и сроках по сравнению с планируемыми величинами.

Метод корректировки с учетом наличия риска исходит из наихудших возможных условий реализации затрат. Для этого величину ожидаемых затрат и поступлений уменьшают на определенный процент и рассчитывают величину риска, например, по формуле [16]

$$R = Vp_v - Xp_x, \quad (3)$$

где V — возможный результат (в стоимостном выражении), p_v — коэффициент вероятности того, что этот результат будет реализован, X — стоимость осуществления проекта; p_x — коэффициент вероятности того, что стоимость будет равна запланированной.

В ряде случаев коэффициент риска привязывают к каждому году выполнения проекта, причем затраты и поступления могут корректироваться с помощью различных коэффициентов, которые по мере удаления в перспективу возрастают. Так, ожидаемая стоимость программы выполнения проекта за период его существования может быть рассчитана по формуле

$$X_a = \sum_{y=0}^L X_{ay} p_y, \quad (4)$$

где X_{ay} — ожидаемая стоимость программы в году y ; p_y — коэффициент риска; L — полная продолжительность программы.

Существует по крайней мере два подхода к определению коэффициентов риска, привязанных к каждому году выполнения проекта. Первый подход основан на использовании статистических данных о прекращении подобных проектов и на оценке процента выполнения работ к моменту прекращения. Второй подход заключается в установлении вероятности завершения основных этапов проекта с помощью экспертных оценок.

Функция распределения вероятностей прекращения работ может быть представлена как

$$\sum_{y=0}^L C_y = 1, \quad (5)$$

где C_y — вероятность прекращения работы над проектом в году y .

Вероятность успешного продолжения работ в году y представляет собою сумму вероятностей

$$p_y = C_y + C_{y+1} + \dots + C_L = \sum_{y=0}^L C_y, \quad (6)$$

где L — предполагаемый год завершения работ.

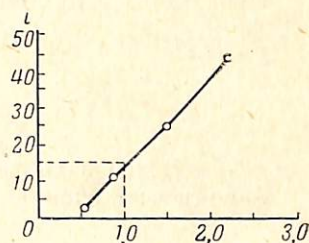


Рис. 4. Интерполяция отношения суммы поступлений к сумме фактических затрат (k) в зависимости от нормы дисконта (i)

Можно установить зависимость между вероятностью успеха и суммарной величиной затрат на проект. Для этого используется, например, логистическое распределение [17].

Вероятность, что проект будет завершен при затратах не больше X , рассчитывается по формуле

$$C = \frac{1}{[1 + \exp(a - \beta X^\alpha)]}, \quad (7)$$

где a , α и β — технические параметры прсекта, влияющие на смещение логистической кривой.

Под завершением проекта подразумевается, что достигнута стадия, когда он либо терпит неудачу, либо имеет определенный успех, позволяющий осуществить некоторые дальнейшие затраты.

Представим, что полные затраты на проект в году y будут X_y .

Тогда

$$X_y = \sum_{v=1}^y x_v, \quad (8)$$

где x_v — годовые затраты на проект.

Вероятность окончания проекта к концу года y будет

$$C_y = f_1(X_y), \quad (9)$$

а вероятность выполнения в году y определится как

$$c_y = C_y - C_{y-1} = f_1(X_y) - f_1(X_{y-1}) \quad (10)$$

при $C_0 = 0$.

Вероятность успеха p_y в году y есть вероятность окончания проекта, взвешенная по отношению к полной вероятности успеха P_s .

Тогда

$$p_y = P_s c_y, \quad (11)$$

а

$$P_y = P_s C_y, \quad (12)$$

где большими буквами обозначена полная (кумулятивная) вероятность, а маленькими — годовые вероятности.

Использование количественной оценки риска помогает правильное решать проблему распределения ресурсов. При решении этой проблемы учитывается фактор времени, поскольку фирмы из-за быстрого морального устаревания продукции не могут позволить себе выпуск одной и той же продукции в течение длительного периода.

С этой целью на основе анализа правильности оценок выполненных проектов, а также ошибок и упущений в их выполнении, разрабатывают оценки бюджета для каждого перспективного проекта с учетом потенциального эффекта будущей программы продаж и доходов. Все предлагаемые исследовательские проекты взвешивают исходя из суммы доступных ресурсов, которые могут быть выделены в перспективном периоде. В результате разрабатывают долгосрочную программу распределения этих ресурсов на 5—7 лет.

Эта программа корректируется с учетом оценок вероятности технического и коммерческого успеха. При этом под техническим успехом понимается возможность практического претворения исследовательских идей, а под коммерческим успехом — вероятность выведения продукции на рынок и получения ожидаемых прибылей.

Факторы технического и коммерческого успеха могут быть оценены по нескольким критериям; величина оценки устанавливается в зависи-

Таблица 4

Факторы и критерии оценки перспективных проектов

Факторы	Описание фактора	Описание критерия		
		Класс I	Класс II	Класс III
I	Наличие технической информации о перспективном изделии	Изделие известно или хорошо оценено	Требования к применению изделия определены, но характеристики изделия известны лишь в общих чертах	Изделие на стадии изыскательского проекта, требования к нему известны лишь в общих чертах
II	Производственно-технические факторы	Обычный процесс производства. Изделие можно производить на существующем оборудовании	Необходимы некоторые новые технологические процессы и модернизация процесса производства	Большинство технологических процессов будут новыми и/или необходимы новые методы производства
III	Научно-технические трудности	Потребуется лишь лабораторные исследования и/или опытное производство образцов	Необходимы небольшие теоретические исследования и значительные экспериментальные исследования	Необходима широкая исследовательская работа и экспериментальное производство
IV	Юридические факторы	Фирма имеет преимущество в патентах или лицензиях	Относительно свободная возможность использования патентов и получения лицензий	Преимущественное положение в патентах и правах на лицензию имеют конкуренты
V	Кадровые факторы	Персонал фирмы — признанные специалисты в данной области	В фирме работают опытные специалисты в данной области, как и у конкурентов	Отсутствие опыта в данной области, тогда как другие являются в ней специалистами

мости от характера продукции и категории исследовательской работы. Один из возможных подходов к такой оценке представлен в табл. 4 [18]. Система оценки факторов, показанных в табл. 4, была разработана так, что когда характеристики ситуации считались средними, принимался коэффициент 0,5 (50%-ная вероятность).

Разделение исследовательских работ на отдельные классы помогает уменьшить отклонения индивидуальных оценок вероятности успеха. Хотя относительно небольшое количество критериев и классов продукции не позволяет точно учесть все разнообразие исследовательской деятельности и ее конечных результатов, применение большого числа критериев и факторов значительно усложнило бы работу по оценке вероятности успеха.

Каждому из классов присваиваются следующие оценки вероятности успеха: класс I — 0,9, класс I/II — 0,7, класс II — 0,5, класс II/III — 0,3 и класс III — 0,1. Для нахождения суммарной оценки вероятности успеха исследовательской работы оценки, полученные по каждому фактору, суммируются, и результат делится на число факторов.

Оценку вероятности успеха проекта можно произвести с помощью анализа чувствительности. При этом под чувствительностью понимается степень изменения конечных результатов в зависимости от изменения

исходных данных. Эти изменения на «входе» могут заключаться в изменении величин затрат, технических характеристик или в добавлении дополнительных ограничений.

Конечные результаты рассматриваются, например, при следующих условиях [15]:

А. При сохранении установленного уровня затрат, если:

- 1) тенденции технического развития останутся неизменными;
- 2) произойдет рост по сравнению с существующей тенденцией на 25 %;
- 3) темпы роста снизятся на 25 %.

Б. При сохранении существующей тенденции технического развития, если:

- 1) финансирование будет удвоено по сравнению с намеченным уровнем;
- 2) финансирование будет сокращено вдвое;
- 3) нарушение установленного порядка финансирования произойдет на определенных этапах осуществления проекта.

В ряде случаев в качестве дополнения к анализу чувствительности пытаются установить тип вероятностного распределения технических параметров проекта, на основании чего рассчитывается вероятностное распределение экономических характеристик, т. е. предполагаемых затрат и поступлений. При оценке коэффициентов риска, в случае, когда на базе обобщения статистических данных о выполненных проектах невозможно получить достаточно достоверные результаты, широко используются методы экспертных оценок.

С целью уточнения оценок проектов НИОКР во многих фирмах ведется систематический анализ, направленный на сравнение расчетных и фактических затрат, установленных и фактических сроков продолжительности выполнения проектов НИОКР.

Для этого проводятся периодические проверки, результаты которых заносятся в специальные формы. После окончания проекта подводятся итоги по всем регистрируемым данным, которые дают возможность выяснить: 1) погрешности в оценках затрат и сроков, их влияние на выполнение проекта; 2) виды изменений этих погрешностей в ходе выполнения проекта; 3) возможную корреляцию между величинами погрешности и продолжительностью выполнения проекта; 4) возможность улучшения оценок, исходя из фактических значений на ранних стадиях разработки проекта; 5) влияние приобретенного опыта на точность оценок характерных проектов.

Установлено [19], что нельзя относить все расхождения между предварительной оценкой и фактическими итогами только к погрешностям самой оценки. Поэтому надо проводить различие между проектами, которые разрабатываются по первоначальному плану («нормальными»), и проектами, в ходе выполнения которых вносятся преднамеренные изменения. Проекты, цель и содержание которых меняются не намеренно (например, когда для достижения поставленной цели приходится использовать другой, ранее не предусмотренный метод), причисляются к «нормальным», поскольку такие изменения являются неотъемлемой частью научных исследований, всегда связанных с неопределенностью.

Систематический анализ хода и результатов выполнения НИОКР значительно повышает достоверность оценок будущих затрат, поступлений и сроков выполнения исследований и разработок.

За рубежом придается большое значение наглядному показу затрат и результатов НИОКР с помощью специальных диаграмм и таблиц. Эти диаграммы и таблицы отражают динамику во времени отношений объе-

ма продаж к затратам на НИОКР, распределенным по статьям: на фундаментальные исследования, эксперимент, совершенствование производства, улучшение существующей продукции и создание новой продукции. Затраты определяются ежемесячно или ежеквартально и сравниваются с предварительно намеченным бюджетом на НИОКР. Кроме того, составляются сводки о среднемесечных и среднегодовых расходах на одного работника исследовательских отделов фирмы; эти расходы сопоставляются с аналогичными цифрами за прошлые годы. Упорядочение системы отчетности и контроля улучшает результаты научной деятельности и, в частности, позволяет сократить время внедрения исследовательских проектов в производство и повысить обоснованность затрат на НИОКР.

Конечной целью подготовки такой отчетности является получение информации, полезной для обоснования планирования и финансирования НИОКР на перспективу. С этой целью пытаются отыскать соотношения между характеристиками продукции и затратами ресурсов на ее разработку.

Затраты ресурсов оцениваются с помощью данных, характеризующих предполагаемый расход ресурсов всех видов — людских, материально-технических, финансовых, необходимых для разработки, производства и сбыта продукции.

Задача анализа такой информации заключается в подготовке показателей и зависимостей, позволяющих производить сопоставление статистических данных о прошлом и достоверную оценку перспектив.

В зависимости от целей анализа, вида новой продукции и объема исходной информации для получения этих показателей используются статистические методы, методы аналогии и экспертных оценок. Последние применяются не только при оценке показателей риска, но и при подготовке долгосрочных планов НИОКР или в случаях, когда предыстория развития исследовательской работы в фирме слишком коротка для расчетов на основе статистических данных.

Один из распространенных подходов к выбору перспективных научно-исследовательских проектов, в котором используются экспертные оценки, основан на применении так называемой «таблицы оценки» [20]. Главная цель применения таблицы оценки — рассчитать «код» для каждого исследовательского проекта, являющийся условным показателем его эффективности. На основании этого кода руководство фирмы принимает решение о ценности того или иного проекта и о целесообразности его принятия, отказа или доработки.

Индекс любого исследовательского проекта может быть рассчитан по формуле

$$I = \frac{(S \times P \times p \times i)}{100K}, \quad (13)$$

где S — максимальная стоимость продаж в год, которая может быть достигнута в случае осуществления проекта; P — отношение прибылей к стоимости продаж в процентах; p — вероятность успеха (от 0 до 1); i — вероятная величина дисконта за время выполнения проекта; K — затраты на проект.

Индекс является измерителем ожидаемой в будущем прибыли в расчете на единицу предполагаемых затрат и может быть использован для оценки проектов, направленных на увеличение оборота от реализации. Таблица оценок содержит перечень из двенадцати вопросов, ответы на которые определяют значение переменных, входящих в формулу индекса проекта. Для того чтобы оценить каждый из ответов количественно, в

таблице оценок подготовлен для каждого вопроса перечень возможных вариантов ответов. Каждый вариант ответа имеет определенный цифровой код, представляющий логарифмическую функцию оцениваемой величины. Суммарный цифровой код для исследовательского проекта получают путем сложения индивидуальных кодов каждого вопроса. В показанном в работе [20] примере, в случае, если индекс проекта равен единице, его код составляет 500. Предусмотрено четыре класса оценок: отлично, хорошо, удовлетворительно и плохо. Если код проекта менее 500 (индекс менее 1) — проект получает оценку «плохо» и считается непригодным; если попадает в диапазон 500—550, проект классифицируется как удовлетворительный (индекс 1—3); если составляет 550—600 (индекс 3—10), проект оценивается как хороший; и, наконец, если код выше 600 (индекс выше 10), проект квалифицируется как отличный.

Можно упростить метод, производя оценку исследовательских проектов только по трем показателям: максимальной стоимости продаж, величине затрат на исследование и вероятности того, что исследовательская работа окончится успешно. В этом случае по остальным показателям берется средняя величина кода.

Метод построения оценочных таблиц может быть использован не только для оценки исследовательских проектов, но и для анализа взаимосвязей между переменными величинами, входящими в формулу (13), например, между предполагаемыми затратами на НИОКР и вероятностью успеха. В Англии для оценки и выбора проектов НИОКР с помощью оценочных таблиц создаются специальные экспертные комиссии, которые ведут регулярную работу, оценивая ежемесячно по 6—10 проектов.

Можно выделить 15 показателей, с помощью которых рекомендуется оценивать особенности существующих методов выбора и обоснования проектов НИОКР [21, 22]:

1. *Измерение ценности.* Позволяет ли метод измерить ценность каждого проекта?

2. *Вероятность успеха.* Обеспечивает ли метод учет вероятности успеха каждой альтернативы?

3. *Ортогональность критериев.* Являются ли критерии взаимно исключаящими (ортогональными) или они имеют тесную корреляцию?

4. *Чувствительность.* Реагирует ли выход метода на малые изменения, накладываемые на вход? Высокая степень чувствительности не желательна, так как она ведет к неустойчивости получаемых оценок.

5. *Сохранение альтернатив.* Остаются ли отвергнутые из-за недостатка средств проекты для дальнейшего рассмотрения, на случай возможно-го увеличения бюджета в будущем?

6. *Структурные связи.* Обеспечивает ли метод учет связей между целями проектов и целями более высоких уровней?

7. *Время.* Принимаются ли во внимание плановые требования и является ли плановая информация выходом метода?

8. *Стратегия.* Обеспечивает ли метод принимающего решение информацией о возможных ситуациях, изменениях внешних условий, перспективах рынка и т. д.?

9. *Взаимное обеспечение системы.* Позволяет ли метод учесть влияние разрабатываемого проекта на разработку других проектов и систем?

10. *Взаимное обеспечение технических направлений.* Позволяет ли метод учесть влияние проекта на перспективы развития других областей техники?

11. *Графическое воспроизведение.* Можно ли представить выходные характеристики проектов в графической форме, позволяющей дать оценку их развития?

12. *Значение.* Обеспечивает ли метод показ значения рассматриваемой проблемы, необходимой для привлечения внимания руководства?

13. *Критерий оптимизации.* Какие критерии используются в данном методе для оптимизации выбора?

14. *Ограничения.* Какие ограничения используются в данном методе?

15. *Машинизация расчетов.* Могут ли быть расчеты, связанные с выбором проектов, выполнены на ЭВМ?

Пока еще мало данных об успешном практическом использовании за рубежом известных в настоящее время количественных методов выбора и обоснования проектов НИОКР. Поэтому трудно судить о их достоинствах и недостатках. В ряде работ указывается, что проблемы обоснования затрат на НИОКР в капиталистических фирмах далеки от решения. Социально-экономические факторы капиталистической действительности, ожесточенная конкуренция, неустойчивость рынка, наличие «секретов» коммерческого и некоммерческого характера — все это значительно влияет на достоверность данных о результативности НИОКР за рубежом. Однако все возрастающее внимание к обоснованию затрат на исследования и разработки свидетельствуют об актуальности этой проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. N. Baker, W. Pound. R&D Project Selection: Where We Stand. JEEE Transaction on Engineering Management, 1964, v. EM—11, N 4.
2. Reviews of Data on Science Resources. Wash., NSF, 1966.
3. D. Raud. Outlook for 1971. Research Development, 1971, N 2.
4. Basic Research, Applied Research and Development. Wash., NSF, 1967.
5. И. К. Быков. Организация научных исследований в промышленных фирмах. М., «Экономика», 1970.
6. W. E. Duncworth. The Determination of Total Effort. Oper. Res. Quart., 1967, v. 18, N 4.
7. H. S. Milton. Cost — of — Research Index, 1920 — 1965. Oper. Res., 1966, v. 14, N 3.
8. R. Smith. Major Factors in Aerospace Planning and Decision Making. NASA. 1966, N 76298.
9. «Flight», 1971, 22 Apr., N 3241.
10. G. D. Szakasits. Various Approaches to Problem of Integration of Scientific and Economic Plans into General Planning. Etud. et Doc. Polit. Sci., 1970, N 18.
11. B. V. Dean, S. S. Sengupta. Research Budgeting and Project Selection. IRE Transaction on Engineering Management, 1962, v. EM—9, N 4.
12. E. C. Galloway. Evaluating R&D Performance Keep it Simple. Res. Managem. 1967, v. 10, N 2.
13. Proceeding of Symposium on Productivity in Research. Institution of Chemical Engineers. L., 1963.
14. H. M. Treasury. Glossary of Management Technic. Her Majesty's Stationary Office. L., 1967.
15. S. Mouteith. R&D Administration. L., Illife Books Ltd., 1969.
16. B. Hazeltine. Decision Making in Management Activities. JEEE Transaction on Engineering Management, 1970, N 2.
17. A. C. Atkinson, A. H. Bobis. A Mathematical Basis for the Selection of Research Projects. IEEE Transaction on Engineering Management, 1969, v. EM—16, N 1.
18. A. H. Bobis and oth. A Fund Allocation Method to Improve the Adds for Research Successes. Res. Manag., 1971, v. 14, N 2.
19. J. M. Allen, K. P. Norris. Project Estimators and Outcomes in Electricity Generation Research. J. Manag. Stud., 1970, N 3.
20. A. Hart. A Chart for Evaluating Project Research and Development Projects. J. and Proc. Industr. Market. Res. Assoc., 1967.

Поступила в редакцию
12 VIII 1970