

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

В. А. Тушавин

ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ
ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург
2023

УДК 005.8
ББК 65.290-2
Т92

Рецензенты:

доктор технических наук, доцент *Е. А. Фролова*;
кандидат экономических наук, доцент *И. А. Григорьянц*

Утверждено

редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия

Протокол № 1 от 26 января 2023 г.

Тушавин, В. А.

Т92 Прогнозные модели проектной деятельности: учеб.-метод.
пособие / В. А. Тушавин. – СПб.: ГУАП, 2023. – 68 с.

В данном учебно-методическом пособии в последовательной, структурированной форме излагаются основные подходы к прогнозированию сроков, бюджета и содержания проекта с использованием конкретных методов и инструментов. Материалы пособия опираются на требования международных стандартов к процессам управления проектами и сертификации менеджеров в области управления проектами.

Пособие включает в себя учебные задания по темам курса, а также методические указания по их выполнению.

Предназначено для студентов технических и экономических специальностей вузов и аспирантов, выполняющих научные исследования в сфере разработки методов и средств организации производства в условиях неопределенности.

УДК 005.8
ББК 65.290-2

ВВЕДЕНИЕ

В русском языке термин «проект» имеет два основных значения: разработка документации для создания каких-либо изделий, зданий (в английском языке для этого используется термин «design») и проект как комплекс мероприятий (аналог в английском «project»). Здесь и далее второе значение будет использоваться как основное для термина «проект».

Проект – это мероприятие, направленное на получение нового (уникального) продукта или услуги и выполняемое в рамках ограниченных ресурсов. Здесь ресурсы понимаются широко: время, финансы, материально-технические, людские и т. д. Управление проектом (УП) или Project Management (PM) – это процессы руководства и координации людских и материальных ресурсов на протяжении времени осуществления (жизненного цикла) проекта путем применения современных методов и техники управления для удовлетворения ожиданий участников проекта.

Проектно-ориентированное управление – управленческий подход, при котором отдельно взятые задания, задачи, решаемые в рамках деятельности организации или предприятия, рассматриваются как отдельные проекты, к которым применяются принципы и методы управления проектами.

Проектная деятельность существенно отличается от производственной. Целью проектной деятельности является создание уникального продукта или услуги, целью производственной деятельности – создание типового продукта или услуги.

Проектной деятельности свойственен подход, аналогичный деятельности в искусстве, уникальный, творческий. Производственной деятельности свойственны черты дублирования, повторяющейся «регулярной» деятельности.

Проект – это единое явление, пронизанное непрерывными процессами управления, направленными на достижение цели проекта.

В реализации проекта необходимо разграничивать собственно реализацию предметной, содержательной части бизнеса и процесс управления проектом, направленный на эффективное достижение результатов этого предметного бизнеса.

Существует ряд определений понятия «проект», разработанных как профессиональными ассоциациями по УП, так и крупными международными коммерческими и государственными организациями. Каждое из этих определений имеет право на существование. Специалисты по управлению проектами пользуются теми из них, которые

наиболее подходят к решаемым ими задачам с учетом уже сложившейся практики на их основном предприятии, а также требований заказчика.

РМВОК (PMI): «Проект / Project. Временное предприятие, направленное на создание уникального продукта, услуги или результата» [1].

Дуг ДеКарло, один из родоначальников концепции экстремального управления проектами (ХРМ), даёт следующее определение: «Проект – это локализованное энергетическое поле, состоящее из набора мыслей, эмоций и взаимоотношений, находящихся в постоянном выражении в физической форме» и предлагает рассматривать проект как живой, изменчивый организм [2]

ГОСТ Р ИСО 21500-2014: «Проект состоит из уникального набора процессов. Процессы состоят из координируемых и контролируемых работ с датами начала и окончания, которые выполняются для достижения целей проекта. Достижение целей проекта требует получения определенных результатов, отвечающих конкретным требованиям. При реализации проекта могут действовать множество ограничений, включая описанные в подразделе 3.11.

Несмотря на возможное сходство каждый проект уникален. Проект может отличаться:

- получаемыми результатами;
- составом влияющих на проект заинтересованных лиц;
- используемыми ресурсами;
- существующими ограничениями;
- особенностями использования процессов проектного менеджмента для получения результатов.

Каждый проект имеет определенное начало и окончание и, как правило, делится на фазы, как описано в 3.10. Условия начала и окончания проекта описаны в 4.3.1 настоящего стандарта» [3].

ГОСТ Р 54869-2011: «Проект: Комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленный на создание уникального продукта или услуги в условиях временных и ресурсных ограничений» [4].

Наиболее полным всё же представляется определение данное в ГОСТ Р ИСО 10006-2005: «Проект – это уникальный процесс, состоящий из совокупности скоординированной и управляемой деятельности с начальной и конечными датами, предпринятый для достижения цели, соответствующий конкретным требованиям, включая ограничение сроков, стоимости и ресурсов» [5]. С учетом следующих уточнений:

- а) отдельный проект может являться структурной частью более крупного проекта;

б) цели и содержание некоторых проектов могут корректироваться, а характеристики продукта могут уточняться в ходе реализации проекта;

в) продукт проекта в общих чертах определяется в содержании проекта. Это может быть один или несколько компонентов продукта, которые в свою очередь подразделяются на материальные и нематериальные;

г) проектная организация обычно является временной и действует на период реализации проекта;

д) сложность взаимосвязей между отдельными операциями проекта необязательно пропорциональна размеру проекта.

Остановимся несколько подробнее на определении, данном PMI. Уникальность продукта или услуги означает, что результат каждого проекта является уникальным, даже если и подпадает под какую-либо широкую категорию. Например, в мире ежегодно проектируются и строятся тысячи офисных зданий. Но при этом каждое сооружение является уникальным – разные владельцы, подрядчики, местоположение и пр.

Ограниченность проекта во времени означает, что каждый проект имеет четко определенные начало и завершение (или момент достижения всех целей проекта, или момент его прекращения, если становится понятно, что сформулированные цели не могут быть достигнуты). Ограниченность во времени не относится к результату проекта.

Многие проекты предпринимаются для достижения протяженного во времени результата. Например, проект строительства национального монумента имеет такой результат, который может просуществовать века.

При этом следует отличать проекты от повторяющейся «регулярной» деятельности. Так, например, сборка автомобилей на конвейере автозавода, в отличие от разработки новой модели автомобиля, проектом не является. Разница состоит в том, что по достижении цели (сборка конкретного автомобиля) формулируется новая цель (сборка следующего) и весь комплекс действий повторяется.

Рассматривая историю становления проектного менеджмента как дисциплины, можно отметить следующие основные вехи:

2570 г. до н. э.: завершение строительства Великой пирамиды. Фараоны построили пирамиды, и сегодня археологи все еще спорят о том, как им удалось совершить этот подвиг. Древние записи показывают, что для каждой из четырех граней Великой пирамиды существовали управляющие, которые следили за их завершением. Мы знаем, что в управлении этим проектом была определенная степень

планирования, исполнения и контроля. 208 г. до н.э.: Строительство Великой Китайской стены Позднее Цинь Шихуанди, первый император объединенного Китая под властью династии Цинь (221 г. до н. э. – 206 г. до н. э.), построил еще одно чудо света. Император приказал миллионам людей завершить этот проект. Согласно историческим данным, рабочая сила была разделена на три группы: солдаты, простые люди и преступники.

1825 г. – первые фундаментальные работы М. М. Сперанского (1772–1839), выдающегося государственного деятеля России, ближайшего советника Александра I в его реформаторской деятельности. Сперанский – основоположник системного подхода в области управления, в том числе в области проектной деятельности, инициатор и исполнитель многих крупномасштабных проектов реформирования России; в своих трудах изложил и западный, и российский опыт.

1900-е гг. – развитие практических методов управления П. А. Столыпиным (1862–1911). К сожалению, его аграрный проект, знаменитые «стольпинские реформы», был выполнен лишь на треть – Столыпин был убит; однако, несмотря на это, великий реформатор успел вывести Россию на одно из первых мест в мире в аграрной сфере, Россия, наконец, стала масштабно экспортировать сельскохозяйственную продукцию за рубеж.

Фредерик Тейлор (1856–1915) занимался в первую очередь линейными процессами, анализом производственной деятельности, разработал принципы рационального управления исполнителями проекта, реализовал «конвейерный», «механический» подход в УП (западный подход иногда называют именно тейлоровским подходом). В основе западного (тейлоровского подхода) – производственная база, потому его часто называют механический, или конвейерный подход. Сущность его сводится к тому, что если мы рассматриваем проект как единое целое, единый процесс, то мы можем достичь повышения эффективности этой деятельности, разбив процесс на звенья. При этом у каждого звена выделяем определяющие роли, у каждой роли фиксируем функции.

Управление проектом здесь сводится к отслеживанию того, как ответственные исполнители реализуют плановые функции, которые должны быть поэтапно и подробно описаны.

Продолжатель и соратник Тейлора Генри Гантт (1861–1919) разработал структурный подход к управлению содержанием, временем (Диаграмма Ганта) и человеческими ресурсами, сторонник «личностного» подхода в УП.

1920-е гг. – организация А.К. Гастевым (1882–1938) Центрального Института Труда РФ и создание им работ по научной организации труда и управления (НОТ). В этих трудах была проанализирована и систематизирована не только производственная, но и проектная деятельность. Гастев работал примерно в то же время, что и Тейлор, но их подходы существенно отличались. Гастев понимал, что каждый считает себя личностью, это значит, что руководитель проекта должен учитывать соображения исполнителей и ответственных исполнителей по каждому звену. Таким образом, мы учитываем человеческий фактор, и это называется личностный подход.

Кстати, соратник Тейлора Гантт в свое время указывал последнему на то, что он недооценивает человеческий фактор, что это слабое место его методологической концепции со ставкой на жесткую регламентацию функций в должностных инструкциях. Подход Тейлора провозглашает доминирование вертикальных связей, но для коллектива естественнее и предпочтительнее горизонтальные связи, подразумевающие не начальствование, не командование, а сотрудничество, отношение между членами коллектива как между личностями. В производственных процессах горизонтальные связи, как правило, слабы, поэтому постепенно на производстве типовые, простые функции человек постепенно передает автоматике. Именно проектная деятельность является прерогативой человека.

В развитии УП велика роль и Анри Файоля (1841–1925), который первым отказался от взгляда на управление как «исключительную привилегию» высшего руководства. Он утверждал, что административные функции существуют на любом уровне организации и их выполняют в определенной мере даже рабочие. Поэтому чем выше уровень организационной иерархии, тем выше административная ответственность, и наоборот. Функции – обязательные элементы управленческого процесса. Выпадение одного из таких элементов ведет к нарушению всей технологии управления. Тогда как принципы воплощают субъективный опыт руководителя, поэтому могут заменяться и дополняться. Именно Анри Файоль соединил идеи функциональной администрации Тейлора и старый принцип единоначалия, в результате чего получил новую схему управления, которая и легла затем в основу современной теории организации.

1930-е гг. – разработка специальных методов координации инжиниринга крупных проектов в США: авиационные в US Air Corporation и нефтегазовые в фирме Еххон.

1939 г. – первая разработка американского ученого Гулика по матричной организации управления сложными проектами.

1953–1954 гг. – применение разработки Гулика в полном объеме в Офисе совместных проектов воздушных сил США и в Офисе специальных проектов по вооружению, далее в 1955 г. – в Офисе специальных проектов морского флота США (определение требуемых результатов; тщательное предварительное планирование во избежание будущих изменений плана; назначение главного подрядчика, ответственного за разработку и выполнение проекта.

1956 г. – компания «Дюпон де Немур» (Du Pont de Nemours Co.) образовала группу для разработки методов и средств управления проектами.

1956 г. – образована Американская ассоциация стоимостного инжиниринга (ныне AACE International). Она была основана 59 оценщиками затрат и инженерами по стоимости во время организационного заседания Американской ассоциации инженерии затрат в Университете Нью-Гэмпшира в Дареме, Нью-Гэмпшир. С тех пор она остается ведущим профессиональным обществом для специалистов по оценке стоимости, инженеров-сметчиков, планировщиков, менеджеров проектов и специалистов по управлению проектами.

1957 г. – к работам группы «Дюпон» присоединились исследовательский центр UNIVAC и фирма Remington Rand. К концу 1957 г. ими был разработан метод критического пути (CPM) с программной реализацией на ЭВМ UNIVAC. CPM был с успехом опробован на разработке плана строительства завода химического волокна в г. Луисвилле, штат Кентукки.

1957–1958 гг. – разработана и опробована система сетевого планирования PERT для программы «Полярис» (US Navy), которая включала в себя 250 фирм-подрядчиков и более 9000 фирм-субподрядчиков.

С 1958 г. методы и техника сетевого планирования используются для планирования работ, оценки риска, контроля стоимости и управления ресурсами в ряде крупных гражданских и военных проектов в США.

1959 г. – комитет Андерсона (NASA) сформулировал системный подход к управлению проектом по стадиям его жизненного цикла – особое внимание уделено предпроектному анализу.

1960 г. – расширение сферы применения сетевых методов, разрабатываются методы и средства оптимизации стоимости для CPM и PERT (PERT/COST), распределения и планирования ресурсов (RPSM, RAMPS и др.). IBM разрабатывает пакет программ на базе PERT/COST как систему для управления проектами – PMS, разрабатываются первые системы контроля на основе сетевой техники – PSC. Развивается организационная интеграция (матричные формы).

1962 г. – Министерство обороны США создало методiku иерархической схемы работ (ИСР). Министерство обороны США создало концепцию ИСР в рамках проекта мобильной баллистической ракеты Polaris, запускаемой с подводных лодок. После завершения проекта Министерство обороны опубликовало ИСР, которую оно использовало, и обязало следовать этой процедуре в будущих проектах такого масштаба и размера. ИСР – это исчерпывающая, иерархическая древовидная структура результатов и задач, которые необходимо выполнить для завершения проекта. Позднее ИСР была принята частным сектором и остается одним из наиболее распространенных и ценных инструментов управления проектами.

1965 г. – основана Международная ассоциация управления проектами (IPMA). IPMA была первой в мире ассоциацией управления проектами, созданной в Вене группой специалистов в качестве форума для руководителей проектов с целью создания сетей и обмена информацией. Зарегистрированная в Швейцарии, ассоциация является федерацией около 50 национальных и международных ассоциаций управления проектами. Ее видение заключается в продвижении управления проектами и руководстве развитием профессии. Россия в IPMA представлена национальной ассоциацией управления проектами СОВНЕТ.

1966 г. – разработана целостная система материально-технического система GERT, использующая новую генерацию сетевых моделей;

1969 г. – создание Института управления проектами в США (PMI) как бесприбыльной международной профессиональной организации. Девиз PMI – «... развитие профессионализма в управлении проектами».

1970-е гг. – появляется техника сетевого анализа и компьютерные приложения вводятся в качестве обязательных инженерных предметов в учебных заведениях в США. Ряд судов рассматривает претензии участников проектов только при представлении соответствующих расчетов на ЭВМ (метод СРМ). В связи с ростом оппозиции защитников окружающей среды (АЭС, транспортные сети, нефтегазовые проекты др.) – начинается разработка «внешнего окружения» проекта. В этот же период разрабатываются определенные стандарты деятельности руководителя и команды проекта, организационные структуры управления проектами. Создаются национальные и международные организации в Европе (Международная Ассоциация управления проектами INTERNET, с 1995 г. – IPMA), в Австралии (Австралийский институт управления проектами AIPM), в Азии (Японская ассоциация развития инжиниринга ENAA).

1975 г. – метод PROMPTII создан компанией Simpack Systems Limited. Разработка PROMPTII была ответом на возмущение тем, что компьютерные проекты превышали сроки завершения и первоначальные бюджеты, установленные в технико-экономических обоснованиях. Нередкими были случаи превышения первоначальных смет в два, три и даже десять раз. PROMPTII была попыткой разработать руководящие принципы для поэтапного выполнения компьютерного проекта. В 1979 г. Центральное вычислительное и телекоммуникационное агентство (ССТА) при правительстве Великобритании приняло этот метод для всех проектов информационных систем.

1975 г. – Мифический человек-месяц: Эссе о программной инженерии Фреда Брукса. В своей книге по программной инженерии и управлению проектами Фред Брукс в качестве основной темы выделяет то, что добавление рабочей силы на поздних стадиях ИТ-проекта еще больше задерживает его сроки. Эта идея называется законом Брукса. Дополнительные человеческие связи, необходимые для добавления еще одного члена в команду программистов, больше, чем кто-либо ожидает. Естественно, это зависит от опыта и искусственности участвующих в проекте программистов-людей и качества имеющейся документации. Тем не менее независимо от того, сколько у них опыта, дополнительное время на обсуждение задания, обязательств и технических деталей, а также на оценку результатов становится экспоненциальным по мере добавления большего количества людей. Эти наблюдения взяты из опыта Брукса, когда он руководил разработкой OS/360 в IBM.

1980-е гг. – воедино сводятся проблемы управления и ресурсного обеспечения проектов (Петер Левене), внедряются методы управления конфигурацией и изменениями проекта, развивается управление качеством, возрастает значение партнерства и эффективной работы проектной команды. В отдельную дисциплину в УП выделяется управление рисками. Развитие компьютерной техники и ИТ позволили шире использовать методы УП в самых разнообразных сферах.

1984 г. – Теория ограничений (ТОС), представленная доктором Элияху М. Голдраттом в его романе «Цель». ТОС – это общая философия управления, направленная на то, чтобы помочь организациям постоянно достигать своей цели. Название происходит от мнения, что любая управляемая система ограничена в достижении своей цели небольшим количеством ограничений, и всегда есть, по крайней мере, одно ограничение. Процесс ТОС направлен на выявление ограничения и реструктуризацию остальной части организации с помощью пяти фокусирующих шагов. Методы и алгоритмы ТОС легли в основу управления проектами критической цепи.

1986 г. – Scrum назван стилем управления проектами. Scrum – это гибкая модель разработки программного обеспечения, основанная на работе нескольких небольших команд, работающих в интенсивном и взаимозависимом режиме. В своей статье «Новая игра по разработке новых продуктов» (Harvard Business Review, 1986) Takeuchi и Nonaka назвали Scrum стилем управления проектами. Позже они развили его в книге «Компания, создающая знания» (Oxford University Press, 1995). Хотя Scrum предназначен для управления проектами по разработке программного обеспечения, его можно использовать для управления командами по сопровождению программного обеспечения или в качестве общего подхода к управлению проектами и программами.

1987 г. – опубликована первая версия Свода знаний по УП (PM BOK). Также в руководстве PMBOK Guide от 1987 г. описано управление освоением объемом (EVM), которое впоследствии было расширено в более поздних изданиях.

1989 г. – управление освоением объемом (EVM) как инструмент прогнозирования проектной деятельности начинает использоваться заместителем министра обороны по закупкам США, что сделало EVM неотъемлемой частью управления программами и закупками. В 1989 году руководство EVM было возложено на заместителя министра обороны по закупкам. В 1991 г. министр обороны Дик Чейни отменил программу ВМС A-12 Avenger II из-за проблем с производительностью, выявленных EVM.

1989 г. – метод PRojects IN Controlled Environments (PRINCE), опубликованный британским правительственным агентством ССТА, стал британским стандартом для всех проектов правительственных информационных систем. Особенностью оригинального метода, не встречающейся в других методах, была идея «обеспечения прогресса» с трех отдельных, но взаимосвязанных точек зрения. Однако метод PRINCE приобрел репутацию слишком громоздкого, жесткого и применимого только к крупным проектам, что привело к его пересмотру в 1996 г.

1990-е гг. – распространение знаний и опыта УП в посткоммунистические страны; применение УП в нетрадиционных сферах (социальные и экономические проекты, крупные международные проекты и др.), применение УП для проведения реформ органами региональной и государственной власти; разработка и реализация международных и национальных программ сертификации специалистов по УП; начало процессов глобализации, унификации и стандартизации в области УП; использование для УП технологий глобальной компь-

терной сети INTERNET и т. д. В 1990 году была основана Российская Ассоциация Управления проектами (СОВНЕТ).

1994 г. – впервые опубликован отчет CHAOS. Standish Group собирает информацию о неудачах проектов в отрасли информационных технологий (ИТ), намереваясь сделать эту отрасль более успешной, показывая пути повышения показателей успешности и увеличения стоимости инвестиций в ИТ. Отчет CHAOS – это двухгодичная публикация о неудачах ИТ-проектов.

1996 г. – PRINCE2 опубликован ССТА. OGC посчитала необходимым обновление PRINCE, и разработка была поручена виртуальному комитету из 150 европейских организаций. Первоначально разработанный для проектов в области информационных систем и информационных технологий с целью сокращения затрат и превышения сроков, второй пересмотренный вариант стал более общим и применимым к проектам любого типа.

1997 г. – изобретение управления проектами критической цепи (ССРМ). Разработанное Элияху М. Голдраттом управление проектами критической цепи основано на методах и алгоритмах, взятых из его теории ограничений (ТОС), представленной в его романе 1984 г. под названием «Цель». Сеть проектов «критической цепи» позволяет поддерживать равномерную загрузку ресурсов, но требует от них гибкости в отношении времени начала работы и быстрого переключения между задачами и цепочками задач для поддержания графика всего проекта.

1998 г. – PMBOK становится стандартом. В 1998 г. Американский национальный институт стандартов (ANSI) признал PMBOK стандартом, а позднее в том же году – Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE).

2001 г. – написан манифест Agile. В феврале 2001 г. 17 разработчиков программного обеспечения встретились в The Lodge, курорт Snowbird, штат Юта, чтобы обсудить легкие методы разработки программного обеспечения. Они опубликовали манифест Agile Software Development, чтобы определить подход, который теперь известен под тем же названием. Некоторые из авторов манифеста создали Agile Alliance, некоммерческую организацию, продвигающую разработку программного обеспечения в соответствии с двенадцатью основными принципами манифеста.

2006 г. – выпуск «Концепции управления совокупными затратами» AACSE International. Управление совокупными затратами – это название, данное AACSE International процессу применения навыков и знаний стоимостного инжиниринга. Это также первый интегри-

рованный процесс или метод управления портфелем, программой и проектом. Впервые ААСЕ представила эту идею в 1990-х гг. и опубликовала представление всего процесса в «Рамочной программе управления совокупными затратами».

2008 г. – выпущено 4-е издание руководства РМВОК. Четвертое издание руководства продолжает традицию PMI по достижению совершенства в управлении проектами, облегчая понимание и внедрение стандарта с улучшенной последовательностью и большей ясностью. В обновленной версии появились два новых процесса, которых не было в предыдущих версиях.

2009 г. – значительный пересмотр PRINCE2 Управлением правительственной торговли (OGC). Значительный пересмотр позволил сделать метод более простым и легко настраиваемым, что является частой просьбой пользователей. Обновленная версия включает семь основных принципов (которых не было в предыдущей версии), способствующих успеху проекта. В целом, обновленный метод призван дать руководителям проектов лучшие инструменты для выполнения проектов в срок, в рамках бюджета и с надлежащим качеством.

2012 г. – выпущен стандарт ISO 21500:2012 для управления проектами. В сентябре 2012 г. Международная организация по стандартизации опубликовала стандарт «ISO 21500:2012, Руководство по управлению проектами». Стандарт предназначен для любой организации. Он является результатом пятилетней работы экспертов из более чем 50 стран. К ним относятся государственные, частные или общественные группы и любые проекты, независимо от сложности, размера и продолжительности.

2012 г. – выпущено 5-е издание руководства РМВОК. Пятое издание руководства, опубликованное в декабре 2012 г., содержит рекомендации, правила и характеристики для управления проектами, признанные в качестве надлежащей практики в профессии. Обновленная версия вводит десятую область знаний под названием «Управление заинтересованными сторонами проекта» и включает четыре новых процесса планирования.

2015 г. – вводится ГОСТ Р ИСО 21500-2014, идентичный международному стандарту ISO 21500:2012 «Руководство по проектному менеджменту».

2017 г. – PRINCE2 второй крупный пересмотр компанией AXELOS. В 2013 г. право собственности на PRINCE2 перешло к компании AXELOS, которая опубликовала следующее крупное обновление методики в 2017 г. В новом руководстве основное внимание уделяется масштабируемости и гибкости. В обновлении 2017 г. разъясняется

необходимый минимум для того, чтобы проект соответствовал стандарту PRINCE2. Затем в нем приводятся примеры, подсказки и советы о том, как приспособить эти основные принципы к вашему проекту.

2017 г. – выпущено 6-е издание руководства РМВОК. Это обновление отражает передовой опыт в управлении проектами. Новое в шестом издании – каждая область знаний содержит раздел «Подходы для гибких, итеративных и адаптивных сред», описывающий, как эти практики интегрируются в проект. В книге также сделан акцент на стратегические и деловые знания, включая обсуждение деловых документов по управлению проектами, информацию о треугольнике талантов PMI и основных навыках, необходимых для успеха сегодня.

2018 г. – PRINCE2 Agile. PRINCE2 Agile – это адаптированная форма PRINCE2, которая подходит для Agile-проектов, использующих Kanban, Scrum или аналогичную Agile-систему на уровне реализации. Он добавляет уровень управления и руководства к относительно простым методам Agile, ориентированным на уровень доставки.

2021 г. – выпущено 7-е издание Руководства РМВОК. Это последнее издание учитывает текущие и будущие потребности специалистов по проектам и помогает им быть более проактивными, инновационными и гибкими в достижении желаемых результатов проекта. Важнейшее изменение в этом издании отражает полный спектр подходов к разработке, предоставляя целый раздел, посвященный адаптации подхода и процессов разработки.

Что дальше?

С глобализацией приходят все более серьезные вызовы и необходимость увеличения скорости вывода продуктов и услуг на рынок. Проекты становятся крупнее, сложнее и ими все труднее управлять. Команды становятся более разнообразными и разбросанными по всему миру. Давление на стоимость заставляет переводить работы в оффшорные зоны в страны с низкими затратами, что само по себе создает ряд проблем. Мир меняется, и управление проектами должно меняться вместе с ним.

Несомненно, появятся новые методы и лучшие практики, поскольку мы расширяем границы возможного и перед нами встают новые задачи. Человеческие потребности заставляют нас двигаться вперед к лучшему будущему, и вместе с этим придут улучшения в том, как мы управляем проектами. Когда и где произойдут эти изменения, неизвестно, но они произойдут.

ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЕКТНОЙ СТОИМОСТИ

Денежные потоки проектов

Финансовое планирование – процесс определения будущих действий по формированию и использованию финансовых ресурсов. Целью финансового планирования является обеспечение финансовыми ресурсами проектной деятельности. В процессе финансового планирования выполняются следующие процедуры:

В основе проектного подхода к инновационной и инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cash flow).

Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. При этом эффективность определяется на основании Методических рекомендаций по оценке эффективности инновационных проектов и их отбору для финансирования (Утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 № ВК477).

В качестве основных показателей эффективности инновационного проекта Методические рекомендации устанавливают [6]:

- финансовую (коммерческую) эффективность, учитывающую финансовые последствия для участников проекта;
- бюджетную эффективность, учитывающую финансовые последствия для бюджетов всех уровней;
- народнохозяйственную экономическую эффективность, учитывающую затраты и результаты, выходящие за пределы прямых финансовых интересов участников проекта и допускающие стоимостное выражение.

Безусловно, следует учитывать и затраты, и результаты, не поддающиеся стоимостной оценке (социальные, политические, экологические и пр.).

Методические рекомендации по оценке проектов и их отбору для финансирования, методика ЮНИДО и прочие отечественные и зарубежные работы по оценке эффективности проектов предлагают множество применяемых для этой цели методов. Все методы оценки эффективности проекта подразделяются на две группы, основанные на дисконтированных и учётных оценках.

Выбор метода определяется сроками осуществления проекта, размером инвестиций, наличием альтернативных проектов и другими факторами.

В мировой практике наиболее часто для оценки эффективности проектов применяют методы оценки эффективности проекта, основанные на дисконтированных оценках, поскольку они значительно более точные, так как учитывают различные виды инфляции, изменения процентной ставки, нормы доходности и т. д. К этим показателям относят метод индекса рентабельности, метод чистой текущей стоимости, метод внутренней нормы доходности и метод текущей окупаемости.

Для приведения разновременных затрат и результатов используется норма дисконта (d), равная приемлемой для инвестора норме дохода на вкладываемый капитал.

Приведение затрат и результатов к базисному моменту времени производят путем их умножения на коэффициент дисконтирования (в случае постоянной нормы дисконта d):

$$a_t = \frac{1}{(1+d)^t},$$

где t – номер шага расчета ($t = 1, 2, \dots, T$), а T – горизонт расчета.

Если норма дисконта меняется во времени, то коэффициент дисконтирования равен:

$$a_t = \frac{1}{\prod_{k=1}^t (1+d_k)}.$$

Сравнение различных инвестиционных проектов (или вариантов проекта) и выбор лучшего из них проводятся с использованием следующих интегральных показателей:

1. Чистый дисконтированный доход (ЧДД) (Net Present Value, NPV). Он определяется как сумма текущих эффектов (сальдо денежных потоков, CF_t) за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу (для постоянной нормы дисконта):

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+d)^t}.$$

Если $NPV > 0$, то проект является эффективным (при данной норме дисконта). Чем больше NPV , тем эффективнее проект. Если $NPV < 0$, то инвестор понесет убытки, если примет такой проект.

Значительно реже для принятия решения при инвестиционном анализе используется недисконтированный показатель – чистый доход. Чистым доходом (другие названия – ЧД, Net Value, NV) называется накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период:

$$NV = \sum_{t=0}^T CF_t.$$

2. Индекс доходности (ИД) (Profitability Index, PI). Он представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений. Для ординарного денежного потока, т. е. с инвестициями только в нулевой год, а доходами начиная с первого года имеем формулу:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T CF_t}{I} = 1 + \frac{NPV}{I}.$$

Индекс доходности тесно связан с показателем ЧДД. Если ЧДД > 0, то ИД > 1, следовательно, проект эффективен. Если ЧДД < 0, то ИД < 1 и тогда проект неэффективен.

3. Внутренняя норма (ставка) доходности (ВНД) (Internal Rate of Return, IRR). Она представляет собой ту норму дисконта ($d_{\text{вн}}$), при которой величина приведенных эффектов равна приведенным капитальным вложениям, т. е. при ставке $d = d_{\text{вн}}$ на данном горизонте планирования NPV равно нулю.

Если ВНД проекта больше или равна требуемой норме дохода на вкладываемый капитал или если ВНД проекта больше цены авансированного (вложенного) капитала, то проект принимается.

Если сравнение альтернативных (взаимоисключающих) инвестиционных проектов (вариантов проекта) приводит к противоположным результатам по критериям ЧДД и ВНД, то предпочтение следует отдавать ЧДД.

4. Срок окупаемости ($T_{\text{ок}}$) (Pay-Back Period, PP) или Дисконтированный срок окупаемости (DPP). Это минимальный временной интервал от начала осуществления проекта, за пределами которого интегральный (дисконтированный) эффект становится и в дальнейшем остается неотрицательным. Т. е. это период, начиная с которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его осуществления.

Итак, срок окупаемости инвестиций – время, которое требуется, чтобы инвестиция обеспечила достаточные поступления денег для возмещения инвестиционных расходов. Иными словами, должна быть пройдена точка безубыточности (break-even point (BEP)).

Если посмотреть экономическую литературу, то мы увидим следующие возможные формулы для ординарного денежного потока. Напоминаю, что при ординарном денежном потоке в начальный (нулевой) период происходят инвестиционные затраты, в последующие периоды функционирования проекта поступают доходы.

Как явствует из определения, срок окупаемости – это момент времени, когда мы прошли точку безубыточности. Т. е. $PP = \min n$, при котором

$$\sum_{i=1}^n CF_i \geq IC,$$

где PP – срок окупаемости; IC (Invest Capital) – сумма первоначальных инвестиций; CF (Cash Flow) – денежный поток соответствующего периода.

Если денежный поток периодов одинаков в каждом периоде, то формула нахождения срока окупаемости крайне проста: $PP = IC / CF$.

А вот если денежный поток меняется от периода к периоду, то используется более сложный подход, который будет рассмотрен на примере, приведенном ниже на рис. 1.

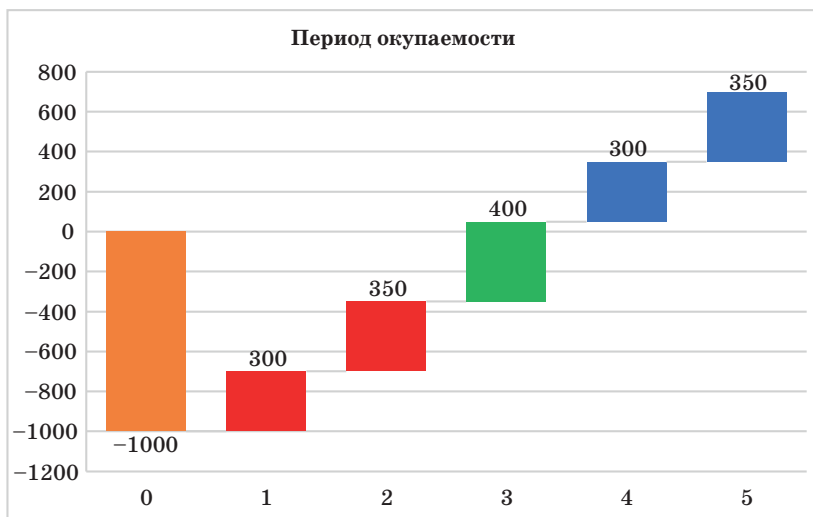


Рис. 1. Денежные потоки и период окупаемости

В данном случае показан денежный поток по годам, в нулевой год он равен сумме инвестиций (IC) – 1000 у. е., в первый год поступление равно 300 у. е., во второй 350 у. е., в третий – 400 у. е. и т. д. Как видно из рисунка, окупаемость достигается через три года (накопленные поступления превысили инвестиции). Если посчитать через среднегодовой денежный поток, то получим 2,94 года (пример расчета в файле). Однако этот метод не совсем точный, особенно при большой разнице между поступающими по периодам денежным средствам.

В экономической литературе рекомендуют использовать другой подход [7] (см. рис. 2):

1) Находим момент перехода через ноль. В данном случае, это между вторым и третьим годом. В данном случае это 2.

2) $PP = 2 + (\text{Первоначальные инвестиции} - \text{открывающий кумулятивный денежный поток}) / (\text{закрывающий кумулятивный денежный поток} - \text{открывающий кумулятивный денежный поток})$. На рисунке выше элементы, входящие в открывающий кумулятивный денежный поток обозначены красным, закрывающий – красным и зеленым.

Имеем: $2 + (1000 - (350 + 300)) / ((300 + 350 + 400) - (300 + 350)) = 2 + 350 / 400 = 2,875$.

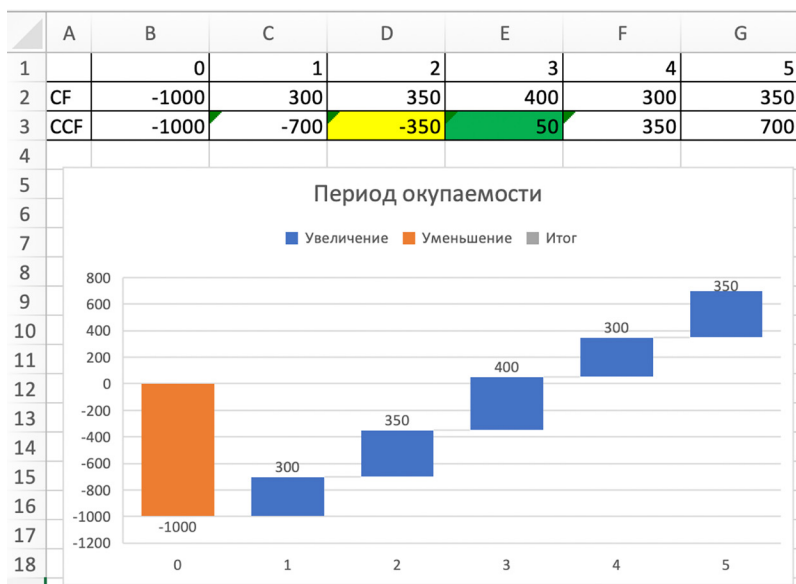


Рис. 2. Расчет периода окупаемости

Разберем этот математический фокус используя кумулятивный денежный поток с учетом в нем первоначальных инвестиций.

Как видим, переход через ноль кумулятивного денежного потока произойдет между вторым и третьим годом. Сделаем обычную линейную интерполяцию на этом участке (между вторым и третьим годом).

Полученный результат показан на рис. 3.

Вспоминаем первый признак подобия треугольников (в данном случае два прямоугольных треугольника с одинаковым острым углом) и простую формулу $x/a = (1-x)/b$, откуда $x = a/(a+b)$.

Считаем: $2 + 350 / (350 + 50) = 2,875$.

Внимательный читатель без труда увидит, что, по сути, мы сделали то же самое, что и при классическом подходе, только без лишних вычислений.

Дисконтированный период окупаемости считается аналогично данному расчету, поэтому останавливаться на этом не будем.

Ни один из четырех вышеперечисленных критериев сам по себе не является достаточным для принятия проекта, поэтому на практике лучше оценивать все четыре показателя. Пример решения задач такого вида в Excel с использованием встроенных формул доступен по ссылке <https://tushavin.ru/solution/>.

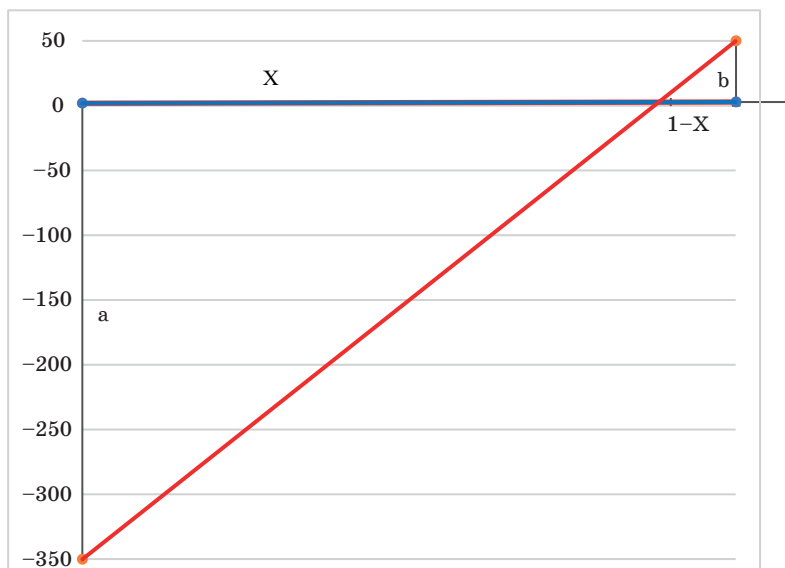


Рис. 3. Интерполяция точки безубыточности

Практическая оценка эффективности инвестиционных проектов

Рассмотрим решение следующей задачи из экзамена профессиональных финансовых менеджеров IPFM (Великобритания).

Руководство компании «Redcar Chemicals Ltd» принимает решение об инвестировании 100 000 фунтов стерлингов один из трех проектов. Прогнозируемые денежные потоки по каждому из проектов на протяжении предстоящих 5 лет представлены в табл. 1.

Таблица 1

Прогнозируемые денежные потоки проектов

Год	Модернизация оборудования для погрузки, ф. ст.	Новые транспортные средства (в настоящее время перевозки осуществляются по контракту), ф. ст.	Новое упаковочное оборудование, ф. ст.
1	25 000	30 000	35 000
2	35 000	40 000	35 000
3	40 000	50 000	37 500
4	35 000	40 000	40 000
5	35 000	40 000	40 000

Финансовая стратегия предусматривает ставку доходности по всем новым проектам в размере 15% и их окупаемость в течение 3 лет.

Задание. Дайте оценку каждого проекта по следующим критериям:

1. Средняя рентабельность вложенного капитала (средний показатель прибыльности).
2. Период окупаемости (PR).
3. Чистая приведенная стоимость (NPV).

Поскольку капитал компании ограничен, какой проект Вы бы порекомендовали реализовать и почему?

Множители дисконтирования для определения NPV

Год	15%
1	0.8696
2	0.7561
3	0.6575
4	0.5718
5	0.4972

Решение

Таблица 2

Расчет для проекта № 1

Год	Индексы дисконт.	Модернизация оборудования для погрузки, ф. ст.	Чистые потоки д.с, ф. ст.	Дисконт. потоки, ф. ст.	NPV, ф. ст.
0		- 100 000	- 100 000	- 100 000	- 100 000
1	0,8696	25 000	- 75 000	21 740	- 78 260
2	0,7561	35 000	- 40 000	26 464	- 51 797
3	0,6575	40 000	0	26 300	- 25 497
4	0,5718	35 000	35 000	20 013	- 5 484
5	0,4972	35 000	70 000	17 402	- 11 919
PP	3		DPP	4,3	

1. Совокупный итоговый доход проекта 1 равен $170 - 100 = 70$ тыс. ф. ст. Среднегодовой доход при числе лет 5 равен 14 тыс. ф. ст.

Таблица 3

Расчет для проекта № 2

Год	Индексы дисконт.	Новые транспортные средства	Чистые потоки д.с	Дисконт. потоки	NPV
0		-100 000	-100 000	-100 000	-100 000
1	0,8696	30 000	-70 000	26 088	- 73 912
2	0,7561	40 000	-30 000	30 244	- 43 668
3	0,6575	50 000	20 000	32 875	- 10 793
4	0,5718	40 000	60 000	22 872	12 079
5	0,4972	40 000	100 000	19 888	31 967
PP	2.6		DPP	3,5	

2. Совокупный итоговый доход проекта 2 равен $200 - 100 = 100$ тыс. ф. ст. Среднегодовой доход при числе лет 5 равен 20 тыс. ф. ст.

Таблица 4

Расчет для проекта № 3

Год	Индексы дисконт.	Новые транспортные средства	Чистые потоки д.с	Дисконт. Потоки	NPV
0		- 100 000	- 100 000	- 100 000	- 100 000
1	0,8696	35 000	- 65 000	30 436	- 69 564
2	0,7561	35 000	- 30 000	26 464	- 43 101
3	0,6575	37 500	7 500	24 656	- 18 444
4	0,5718	40 000	47 500	22 872	4 428
5	0,4972	40 000	87 500	19 888	24 316
PP	2.8		DPP	3,8	

3. Совокупный итоговый доход проекта 3 равен $187,5 - 100 = 87,5$ тыс. ф. ст. Среднегодовой доход при числе лет 5 равен 17,5 тыс. ф. ст.

Средняя рентабельность вложенного капитала равна среднегодовой доход разделить на вложенный капитал и равна, соответственно, 14%, 20%, 17,5%.

Период окупаемости проекта 1 равен 3 года.

Период окупаемости проекта 2 равен: $2 + (100 - 70) / (120 - 70) = 2,6$ года.

Период окупаемости проекта 3 равен: $2 + (100 - 70) / (107,5 - 70) = 2,8$ года.

Исходя из показателей: период окупаемости проекта, средняя рентабельность вложенного капитала, дисконтированный период окупаемости, чистые и дисконтированные потоки денежных средств наиболее предпочтительным является проект 2 «Новые транспортные средства».

Метод операционного рычага

Суммарные затраты предприятия делятся на три категории: переменные, постоянные и смешанные.

Переменные затраты изменяются пропорционально росту или уменьшению объема производства. Это расходы на закупку сырья и материалов, транспортные и торговые издержки, сдельная заработная плата рабочих и т. п.

Постоянные затраты не зависят от изменения объема производства. К ним относятся амортизационные отчисления, арендная плата, проценты за пользование кредитом, повременная заработная плата управленческих работников и т. п.

Смешанные затраты включают в себя как постоянные, так и переменные части. Это почтовые расходы, затраты на текущий ремонт оборудования и т.п. Доля этих затрат на предприятии незначительна и для простоты изложения ею можно пренебречь. Не будем учитывать в данном курсе также налог на добавленную стоимость и налог на прибыль.

Такое деление позволяет решить задачу максимизации массы и прироста прибыли за счет сокращения расходов, а также позволяет определить «запас прочности» предприятия на случай осложнения конъюнктуры рынка.

Взаимосвязь постоянных и переменных затрат можно представить так:

$$Z = a + bq,$$

где q – объем производства, шт.; a – сумма постоянных затрат; b – переменные затраты на единицу изделия

Переменные затраты. Коэффициент реагирования затрат

В зависимости от соотношения темпов роста объема производства и затрат переменные затраты подразделяются на:

- пропорциональные (находятся в прямой зависимости от объема производства, $K_z = 1$);
- прогрессивные (растут быстрее, чем объем производства, $K_z > 1$);
- депрессивные (растут медленнее, чем объем производства, $K_z < 1$).

$K_z = \text{Изменение затрат} / \text{Изменение объема производства}$,

где K_z – коэффициент реагирования затрат.

Графически коэффициент реагирования затрат может быть представлен следующим образом (рис. 4).

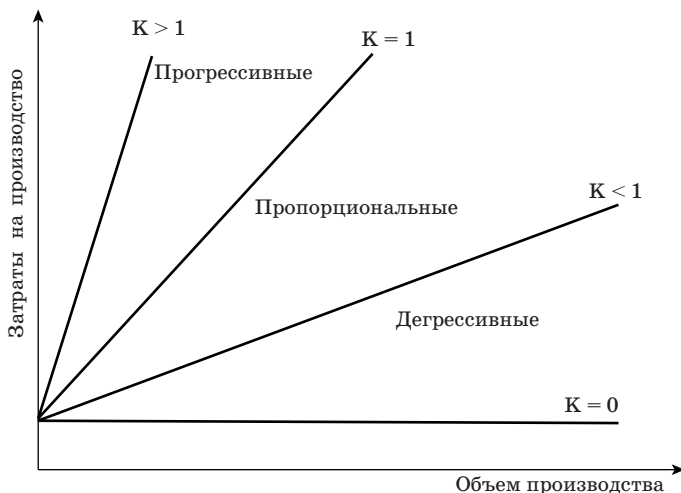


Рис. 4. Виды переменных затрат

Для обеспечения снижения себестоимости продукции необходимо преобладание дегрессивных затрат на предприятии. Достигается это, в первую очередь, повышением производительности труда и применением прогрессивных новых технологических решений.

Маржинальный анализ. Маржинальная прибыль

В ходе маржинального анализа осуществляется оценка:

- 1) величины маржинальной прибыли и ценового коэффициента;
- 2) точки безубыточности в денежном и натуральном выражении;
- 3) запаса финансовой прочности в натуральном и денежном выражении;
- 4) величины операционного рычага;
- 5) факторов, влияющих на изменение указанных величин.

Маржинальная прибыль (маржинальный доход) – разность между выручкой от продаж и переменными затратами:

$$\text{МП} = \text{Выручка} - \text{Переменные затраты.}$$

Она служит основой для определения безубыточного объема продаж по каждому виду продукции и в целом по предприятию, а также для обоснования соответствующих управленческих решений.

Маржинальная прибыль отличается от валовой прибыли, которую считают как разницу между выручкой и себестоимостью.

Ценовой коэффициент

Наличие и рост маржинальной прибыли позитивно характеризуют деятельность предприятия и свидетельствуют о наличии у него возможности получать прибыль от реализации продукции.

С целью общей характеристики ценовой политики предприятия рассчитывают ценовой коэффициент (норма маржинальной прибыли, коэффициент маржинального дохода):

$$\begin{aligned} & \text{Ценовой коэффициент (ЦК)} = \\ & = \text{Маржинальная прибыль (МП)} / \text{Выручка} \end{aligned}$$

Норма маржинальной прибыли не зависит от объема производства и реализации продукции и определяется лишь уровнем цен на продукцию и переменными затратами, которые несет предприятие.

Ценовой коэффициент определяется следующими факторами:

- ценой на реализуемую продукцию;
- ценой на элементы переменных затрат;
- номенклатурой реализуемой продукции;
- изменением технологии производства продукции.

Точка безубыточности, или порог рентабельности продаж, показывает количество продукции, при котором предприятие покрывает все свои расходы и при этом сумма прибыли равна нулю.

Точка безубыточности в денежном и натуральном выражении

Точка безубыточности в денежном выражении определяется следующим образом:

$$ТБ = Зп \times В / МП,$$

где $Зп$ – постоянные затраты на единицу продукции; $МП$ – маржинальная прибыль; $В$ – выручка; q – количество выпускаемой продукции.

Точка безубыточности в натуральном выражении равна:

$$ТБ = Зп \times q / МП.$$

Уменьшение значения точки безубыточности характеризует предприятие с лучшей стороны, как осуществляющее успешную работу.

Чтобы определить, насколько предприятие близко подошло к границе убыточности, применяется отклонение фактического объема выручки при реализации продукции от расчетной точки безубыточности.

Запас финансовой прочности

Запас финансовой прочности показывает, на сколько процентов может быть снижен или увеличен объем реализации для сохранения/достижения безубыточного уровня работы организации.

Запас финансовой прочности определяется как отношение абсолютного отклонения от точки безубыточности к фактической величине выручки от реализации.

$$\text{ЗП} = \Delta\text{ТБ} / \text{В},$$

где $\Delta\text{ТБ} = \text{В} - \text{ТБ}$.

Запас финансовой прочности может быть определен и по количественным показателям:

$$\text{ЗП} = (q - \text{ТБ}) / q.$$

Чем выше запас прочности, тем устойчивее положение предприятия с точки зрения прибыльности.

Запас прочности не зависит от масштабов деятельности предприятия и позволяет сравнивать предприятия с различными объемами продаж, а также оценивать эффективность их деятельности.

На величину запаса прочности влияют лишь три фактора:

- 1) значение ценового коэффициента;
- 2) выручка от реализации продукции;
- 3) величина постоянных затрат.

Пройдя точку безубыточности, предприятие получает прибыль с каждой реализованной единицы продукции.

Операционный рычаг представляет собой возможность предприятия влиять на уровень своей прибыли путем изменения структуры себестоимости и объема выпуска продукции.

Эффект операционного рычага проявляется в том, что небольшие изменения объема продаж после покрытия постоянных расходов вызывают значительные изменения экономических результатов.

Величина операционного рычага определяется соотношением постоянных и переменных затрат. Чем больше доля постоянных затрат в общих затратах предприятия, тем выше операционный рычаг.

$$\text{ЭОР} = \text{Маржинальный доход} / \text{Прибыль}.$$

У предприятий с высокой долей постоянных затрат наблюдается сильный эффект операционного рычага, и наоборот. У предприятий с низкой долей постоянных затрат наблюдается слабый эффект операционного рычага.

Заметим, что предприятие с высоким уровнем операционного рычага характеризуется высоким уровнем производительности труда.

Предприятие, имеющее более высокий операционный рычаг, при наращивании объемов производства имеет возможность более высокими темпами наращивать прибыль, чем предприятие с более низким операционным рычагом.

При одинаковом росте объемов продаж предприятие с более высоким операционным рычагом будет наращивать прибыль более высокими темпами, чем предприятие с низким операционным рычагом.

Однако при падении объемов продаж предприятия с высоким операционным рычагом (т. е. с высокой долей постоянных затрат) будут терять прибыль быстрее, чем предприятия с низким операционным рычагом.

Чем сильнее операционный рычаг, тем больше зависимость предприятия, с точки зрения получения прибыли, от объемов реализации продукции.

Чем сильнее операционный рычаг, тем больше предпринимательский риск.

При удалении от точки безубыточности сила операционного рычага слабеет: каждый последующий процент роста выручки дает все меньший процент роста прибыли до нового скачка постоянных затрат.

Самый высокий эффект операционного рычага наблюдается непосредственно у точки безубыточности.

Решение задач

Рассмотрим следующую задачу из экзамена профессиональных финансовых менеджеров IPFM (Великобритания). Предприятие «Seafish Ltd» имеет два производственных подразделения, изготавливающих один и тот же вид продукции.

Цена за единицу продукта – 10 тыс. руб.

За 2022 г. имеется информация, представленная в табл. 5.

Таблица 5

Условия задачи

Показатели	Подразделения	
	№ 1	№ 2
Продажи, шт.	89250	84000
Расходы на производство единицы продукции, тыс. руб.		
– прямые материальные расходы	2.60	2.60
– прямые расходы на оплату труда	0.75	3.00
– переменные накладные расходы	2.65	2.40
– постоянные накладные расходы, тыс. руб	347000	158000

Производственная мощность каждого из подразделений равна 120 000 шт. продукции за отчетный период. Емкость рынка не ограничена.

Задание

Подготовить отчеты о прибылях и убытках по переменным расходам для двух подразделений за 2022 г.

Определить для каждого подразделения количество единиц продукции и выручку в точке безубыточности.

Определите степень операционного рычага (левериджа) для каждого подразделения.

Решение

Решение задачи достаточно тривиально делается с помощью любой электронной таблицы. Для определения выручки использована цена единицы продукции из условия.

Пример таблицы с формулами показан на рис. 5.

	A	B	C
1	Показатели	Подразделения	
2		№ 1	№ 2
3	Продажи, шт.	89250	84000
4	Расходы на производство единицы продукции, тыс. руб		
5	- прямые материальные расходы	2,6	2,6
6	- прямые расходы на оплату труда	0,75	3
7	- переменные накладные расходы	2,65	2,4
8	- постоянные накладные расходы, тыс. руб	347000	158000
9	Отчет о прибылях и убытках, тыс. руб.		
10	Выручка	=B3*10	=C3*10
11	Переменные издержки	=(B5+B6+B7)*B3	=(C5+C6+C7)*C3
12	Маржинальная прибыль	=B10-B11	=C10-C11
13	Постоянные издержки	=B8	=C8
14	Прибыль	=B12-B13	=C12-C13
15			
16	Коэффициент маржинального дохода	=B12/B10	=C12/C10
17	Маржинальный доход на единицу	=B12/B3	=C12/C3
18	Точка безубыточности, тыс. руб.	=B8*B10/B12	=C8*C10/C12
19	Точка безубыточности, шт	=B8*B3/B12	=C8*C3/C12
20	Зона безопасности	=B10-B18	=C10-C18
21			
22	Фактор операционного рычага	=B12/B14	=C12/C14

Рис. 5. Формулы для расчета в Excel

Результаты расчетов

Показатели	Подразделения	
	№ 1	№ 2
Продажи, шт.	89250	84000
Расходы на производство единицы продукции, тыс. руб		
– прямые материальные расходы	2,60	2,60
– прямые расходы на оплату труда	0,75	3,00
– переменные накладные расходы	2,65	2,40
– постоянные накладные расходы, тыс. руб	347000	158000
Отчет о прибылях и убытках, тыс. руб.		
Выручка	892500	840000
Переменные издержки	535500	672000
Маржинальная прибыль	357000	168000
Постоянные издержки	347000	158000
Прибыль	10000	10000
Коэффициент маржинального дохода	0,40	0,20
Маржинальный доход на единицу	4,0	2,0
Точка безубыточности, тыс. руб.	867500	790000
Точка безубыточности, шт.	86750	79000
Зона безопасности	25000	50000
Фактор операционного рычага	35,70	16,80

Как видно из приведенных расчетов, объем продаж каждого подразделения меньше производственной мощности оборудования, то есть для обеспечения данного объема продаж не требуется дополнительных инвестиционных затрат.

Следует обратить внимание на тот факт, что зона безопасности низка – всего 3%–6% объема продаж, таким образом, ситуация с точки прибыльности у компании не очень устойчивая

Метод освоенного объема

Метод освоенного объема (от англ. – Earned Value Technique, Earned Value Management) – система методик, использующихся для измерения и контроля эффективности выполнения проектов. Метод основан на анализе ряда числовых показателей, рассчитываемых по ходу выполнения проекта.

Методика освоенного объема в руках руководителя проекта является инструментом, с помощью которого можно вовремя узнать об опасности срыва проекта уже на ранней стадии его реализации, когда выполнено всего лишь 15% от общего объема запланированных работ. Предупреждение о возможном срыве позволит руководителю проекта максимально точно определить потребность в финансировании для завершения работ. При получении неблагоприятного прогноза, могут быть приняты своевременные шаги для корректировки конечных результатов проекта. Если участники проекта будут контролировать фактическую себестоимость проекта с самого начала, то реализованный проект сможет отвечать большему набору изначально запланированных потребительских свойств.

Методика освоенного объема хотя и появилась три десятилетия назад, была опробована и заняла по достоинству свое место рядом с другими инструментами управления проектами, все еще не получила широкого применения. Используемая в основном государственными организациями США, она зарекомендовала себя в качестве эффективного средства контроля и управления разработками новых систем, создаваемых по заказам Правительства США. В более упрощенной форме методика освоенного объема может использоваться как эффективный инструмент управления любым проектом, в том числе и проектом по разработке программного обеспечения.

Методика освоенного объема предполагает составление полного описания проекта и детального графика его реализации еще на начальной стадии. Это позволяет производить точные оценки фактических данных и контролировать проект с начала и до полного завершения работ. Преимущество этого инструмента состоит в том, что он позволяет получать точные и надежные данные о ходе выполнения проекта уже на стадии 15%-го его выполнения. Любой руководитель проекта может использовать эти данные для прогноза затрат, требующихся для завершения всех работ по проекту с минимальной вероятностью ошибки. Если на ранней стадии выполнения проекта руководитель получает данные по фактическому выполнению проекта, неприемлемые по ряду показателей, это может послужить для него

предупредительным сигналом и позволит предпринять своевременные шаги для предотвращения нежелательных последствий.

В течение десятилетий методика освоенного объема вводилась американским правительством в обязательном порядке в такой негибкой и формализованной версии, что множество организаций старались воздерживаться от ее применения. Начало использования этой версии относится к 1967 г. Министерство Обороны (DoD) издало директиву, предписывающую всем частным компаниям, изъявившим желание участвовать в будущих крупных правительственных проектах на основе контрактов с возмещением издержек, использовать 35 критериев концепции C/SCSC (Cost/Schedule Control Systems Criteria – затратно/временные системные показатели управления). С этого времени, в случае заказа правительством разработки новой большой системы, где «риск» роста себестоимости проекта лежал на правительстве, работа подрядчика оценивалась с помощью 35 критериев.

Главной целью применения C/SCSC-концепции было требование использования критериев для управления расходами и графиками проектов, имеющих первостепенное значение. Перед применением этих критериев следовало представить минимальную величину контракта (в миллионах долларов) и минимальную запланированную продолжительность программы (12 месяцев и более). По существу, эти критерии предназначались исключительно для крупных государственных программ в военной промышленности.

C/SCSC – концепция применялась в течение 30 лет и стала стандартом для крупных военных разработок. Другие правительственные структуры в Соединенных Штатах и других странах, например Австралии, Канаде и Швеции, также переняли опыт использования подобных критериев для управления своими крупными разработками. Практические знания в области управления научными проектами были получены при применении методики освоенного объема Министерством Обороны США и Институтом Технологий Военно-Воздушных Сил (AFIT).

Некоторые специалисты в области управления проектами рассматривают 35 критериев C/SCSC-концепции в качестве утопического идеала, к которому должны стремиться все коммерческие компании. Хотя для многих частных предпринимателей возникли большие трудности при попытке воспользоваться жесткими критериями. Создается впечатление, что формализованная версия C/SCSC- концепции слишком перегружена деталями, чтобы найти свое универсальное применение во всех коммерческих проектах.

Такое неприятие применения C/SCSC-концепции вызывает сожаление, поскольку методика освоенного объема является надежным инструментом управления проектами. При правильном использовании этого инструмента менеджер может вовремя узнать о неблагоприятном развитии проекта, связанном с возможным превышением сметы, и предпринять немедленные шаги по изменению графика расходования средств. Коммерческие проекты, в том числе и проекты разработки программного обеспечения, требуют чего-то менее формализованного, чем C/SCSC-концепция, меньшего по размерам и более гибкого для широкого применения в управлении проектами. Похоже, что на сегодняшний день более 99% проектов не используют методику освоенного объема для управления затратами. Вместо того, чтобы контролировать расходы по проектам, менеджеры проектов, к сожалению, занимаются простым сравнением плана затрат с фактической себестоимостью проекта. В настоящее время существует возможность применения упрощенной версии методики освоенного объема в любом проекте любого размера, в военной или коммерческой областях.

Метод оперирует показателями, показанными в табл. 7.

Таблица 7

Основные показатели EVM

Показатель	Описание	Как определяется формула	Название показателя в отечественной литературе
PV	Запланированный объем работ на отчетную дату	ПС * % завершения по плану	ПСЗР – плановая стоимость запланированных работ
AC	Фактический/выполненный объем работ на отчетную дату	ФС * % завершения	ФСВР – фактическая стоимость выполненных работ
Earned value (EV)	Освоенный объем (ОО) Фактически выполненный объем работ, указанных в бюджете. Другими словами, реальная (актуальная) стоимость выполненных работ в соответствии с планом на отчетную дату	БПЗ проекта * % завершения (BAC * %completion)	ПСВР – плановая стоимость уже выполненных работ на отчетную дату

Показатель	Описание	Как определяется формула	Название показателя в отечественной литературе
Budget at completion (BAC)	Бюджет по завершению (БПЗ) Сумма бюджета на весь проект – плановая стоимость проекта	Сумма всех бюджетов	ПС – плановая стоимость
Cost variance (CV)	Отклонение по стоимости (ОПС)	$ПСВР(ОО) - ФСВР$ ($CV = EV - AC$)	Отклонение по стоимости
Cost performance index (CPI)	Индекс выполнения стоимости (ИВС)	$ПСВР(ОО) / ФСВР$ ($CPI = EV / AC$)	Индекс выполнения стоимости
Schedule variance (SV)	Отклонение от календарного плана (ОКП)	$ПСВР - ПСЗР$ ($SV = BCWP - BCWS$)	Отклонение от календарного плана
Schedule performance index (SPI)	Индекс выполнения сроков (ИВСр). На сколько мы отклонились от запланированного	$ПСВР(ОО) / ПСЗР$ ($SPI = EV / PV$)	Индекс выполнения сроков
Estimate at completion (EAC)	Оценка по завершению (ОПЗ). Какой бюджет будет по завершению проекта	$ПС / ИВСт$ ($EAC = BAC / CPI$)	Оценка по завершению
Variance at completion (VAC)	Отклонение бюджета по завершению (ОБПЗ)	$БПЗ - ОПЗ$ ($VAC = BAC - EAC$)	Отклонение бюджета по завершению
Estimate to complete (ETC)	Оценка до завершения (ОДЗ). Сколько еще осталось выполнить чтобы завершить работу	$ОПЗ - ФСВР$ ($ETC = EAC - AC$)	Оценка до завершения

Формула для оценки по завершению (ЕАС) основана на простой концепции, что смета на момент завершения равна сумме денег, уже потраченных на контракт, плюс сумма денег, которая потребуется для завершения контракта. Если перевести это на язык заработной стоимости, то уже потраченные деньги – это АС, а деньги, необходимые для завершения контракта, основаны на бюджетной стоимости оставшихся работ, или бюджет по завершению, разделенный на коэффициент(ы) эффективности.

Стандартные оценки EVM EAC следующие:

1. Оценка менеджера проекта.

Хотя менеджер проекта является основным источником информации о состоянии проекта, необходимо проверить, может ли данная смета быть подтверждена другими сметами на момент завершения проекта (ожидается, что она будет находиться между оптимистичной и пессимистичной сметами).

2. Математическая оценка, также называемая «оптимистической оценкой».

Здесь мы предполагаем, что оставшиеся результаты будут созданы с $CPI = 1$ или с затратами, равными запланированным. В этом случае причины отклонения затрат были устранены

$$EAC(Math) = AC + (BAC - EV).$$

3. Оценка на основе CPI , также называемая «наиболее вероятной» оценкой.

В этом случае мы предполагаем, что будущие показатели затрат будут такими же, как и прошлые. Это приводит к тому, что оставшаяся стоимость, которую необходимо создать ($BAC - EV$), должна быть разделена на индекс выполнения стоимости (CPI)

$$EAC(CPI) = AC + (BAC - EV)/CPI.$$

Как нетрудно увидеть, раскрыв скобки:

$$AC + BAC/CPI - EV/(EV/AC) = BAC/CPI.$$

Отсюда:

$$EAC(CPI) = BAC/CPI.$$

4. Оценка на основе CSI , также называемая «пессимистической оценкой».

Индекс эффективности затрат и расписания (Cost Schedule Performance Index, CSI) – это коэффициент, который объединяет индекс эффективности затрат (CPI) и индекс эффективности расписания (SPI) в одну общую метрику, которая уравнивает затраты и расписание. Умножая эти значения вместе, единая метрика может учить затянущийся график при меньшем бюджете или наоборот.

В наихудшем сценарии мы ожидаем, что стоимость оставшейся заработанной стоимости будет обратно пропорциональна индексу отклонения сроков CSI .

$$EAC(CSI) = AC + (BAC - EV)/CSI.$$

Важно запомнить:

- EV во всех формулах, связанных с освоенным объемом, стоит на первом месте (мнемонника: метод освоенного объема).
- Если вопрос об отклонении, то значит минус.
- Если вопрос об индексе, то деление.
- Если формула связана со стоимостью, то AC.
- Если формула связана с расписанием, то PV.
- Показатели: минус – плохо, плюс – хорошо.

Рассмотрим пример применения метода освоенного объема для решения конкретной задачи.

Необходимо огородить квадратный участок забором. Строительство каждой стороны (в соответствии с планом проекта) должно занимать 1 день и стоить 1000 у.е. К концу второго дня было потрачено 2500 у.е. и огорожены 1,5 стороны.

Вопрос: каков ожидается бюджет проекта?

Решение

Как очевидно из условий, бюджет по завершению проектов (BAC) равен 4000 у.е., PV к концу второго дня составляет 2000 у.е., AC = 2500 у.е., EV = 1500 у.е. Отсюда несложно посчитать все основные показатели, как это показано на рис. 6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			1 000 Р 1 день				BAC	4000		
2										
3							2 дня прошло			
4							Потратили	2500 AC		
5	1 000 Р					1 000 Р	Построили	1500 EV		
6	1 день					1 день				
7							PV	2000		
8							AC	2500		
9							EV	1500		
10										
11							CV	-1000 EV-AC		
12							SV	-500 EV-PV		
13			1 000 Р 1 день				CPI	0,6 EV/AC		
14							SPI	0,75 EV/PV		
15							CSI	0,45 CPI*SPI		
16							EAC(Math)	5000 AC+(BAC-EV)		
17							EAC(CPI)	6667 BAC/CPI		
18							EAC(CSI)	8056 AC + (BAC - EV)/CSI		

Рис. 6. Расчет бюджета по завершению в Excel

Практическое задание № 1

Руководство компании «Наноторсионы+» принимает решение об инвестировании 50 000 долл. США в один из трех проектов. Прогнозируемые денежные потоки по каждому из проектов на протяжении предстоящих 3 лет представлены в табл. 8.

Таблица 8

Варианты к заданию № 1

Вариант	Проект «А»		Проект «Б»	Проект «В»
	Год	долл. США	долл. США	долл. США
1	1	11	55	20
	2	39	2	61
	3	18	70	71
2	1	1	37	4
	2	7	35	29
	3	48	33	63
3	1	60	35	4
	2	14	48	59
	3	72	52	4
4	1	13	32	48
	2	2	43	51
	3	39	70	14
5	1	46	68	73
	2	59	4	16
	3	69	56	35
6	1	15	17	44
	2	53	62	20
	3	1	61	67

Продолжение табл. 8

Вариант	Проект «А»		Проект «Б»	Проект «В»
	Год	долл. США	долл. США	долл. США
7	1	2	67	70
	2	43	45	68
	3	56	66	27
8	1	41	15	54
	2	73	26	71
	3	44	72	3
9	1	1	43	0
	2	48	20	43
	3	74	66	44
10	1	58	67	74
	2	58	69	9
	3	23	48	67
11	1	31	22	33
	2	63	58	21
	3	39	41	4
12	1	47	25	20
	2	25	8	53
	3	1	47	5
13	1	2	51	48
	2	33	48	23
	3	11	6	54
14	1	48	29	24
	2	67	64	47
	3	7	37	10

Окончание табл. 8

Вариант	Проект «А»		Проект «Б»	Проект «В»
	Год	долл. США	долл. США	долл. США
15	1	12	24	61
	2	71	3	20
	3	37	26	12
16	1	16	47	1
	2	28	61	51
	3	16	28	16
17	1	10	15	51
	2	24	67	62
	3	55	56	9
18	1	54	8	26
	2	47	57	18
	3	59	2	10
19	1	68	51	63
	2	4	4	28
	3	56	5	45
20	1	56	14	63
	2	11	32	35
	3	33	44	27

Финансовая стратегия предусматривает ставку доходности по всем новым проектам в размере 15%.

Задание

Дайте оценку каждого проекта по следующим критериям:

- Период окупаемости (PR).
- Дисконтированный период окупаемости (DPR).
- Чистая приведенная стоимость (NPV).

Поскольку капитал компании ограничен, какой проект Вы бы порекомендовали реализовать и почему?

Практическое задание № 2

Предприятие «Хачапурная № 1» имеет два производственных подразделения, изготавливающих один и тот же вид продукции.

Цена за единицу продукта – 100 руб.

За 2022 г. имеется информация, представленная в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Показатели подразделений

Показатели	Подразделения	
	№ 1	№ 2
Продажи, шт.	90 000	85 000
Расходы на производство единицы продукции, тыс. руб.		
– прямые материальные расходы	A	B
– прямые расходы на оплату труда	C	D
– переменные накладные расходы	E	F
– постоянные накладные расходы, тыс. руб	347 000	158 000

Таблица 10

Варианты к заданию № 2

Вариант	A	B	C	D	E	F
1	13,80	26,70	22,30	24,10	25,00	10,90
2	23,70	25,60	25,00	14,90	13,30	20,40
3	15,50	30,20	31,00	17,50	11,20	26,10
4	30,60	32,30	12,60	29,80	33,00	25,70
5	15,50	11,60	33,60	30,40	27,60	23,20
6	25,30	31,90	34,00	19,70	26,10	34,30
7	26,20	17,20	25,40	29,00	26,90	19,80

Вариант	A	B	C	D	E	F
8	30,90	27,00	11,60	19,70	29,30	11,00
9	19,60	12,80	31,40	18,40	12,40	20,70
10	29,10	15,30	19,10	23,80	19,30	20,30
11	27,20	12,70	15,30	26,40	29,30	34,70
12	13,00	23,20	34,70	26,30	28,10	18,30
13	22,00	31,80	29,30	25,50	30,80	30,70
14	30,20	19,90	26,20	25,00	30,40	11,50
15	14,60	22,80	24,10	13,70	34,80	21,60
16	13,30	20,80	15,70	24,80	28,40	20,90
17	28,90	24,20	10,00	16,30	21,80	22,60
18	32,30	16,00	18,80	20,10	33,60	20,80
19	21,00	18,20	14,50	13,80	10,50	29,50
20	23,90	13,60	16,70	24,40	31,70	25,90

Производственная мощность каждого из подразделений равна 100 000 шт. продукции за отчетный период. Емкость рынка не ограничена.

Задание

1. Подготовить отчеты о прибылях и убытках по переменным расходам для двух подразделений за 2022 г.
2. Определить для каждого подразделения количество единиц продукции и выручку в точке безубыточности.
3. Определите степень операционного рычага (левериджа) для каждого подразделения.

Практическое задание № 3

Используйте данные рис. 7, чтобы рассчитать основные параметры метода освоенного объема:

План к концу 2 квартала: задачи 1, 3, 5 и 6 должны быть выполнены; Задачи 2 и 4 должны быть выполнены на 96%; и задача 7 должна быть выполнена на 51%.

Результаты к концу 2 квартала: задачи 1, 3, 5 и 6 выполнены; задача 2 готова на 50%; задача 4 ещё не начиналась; задача 7 готова на 10%. На проект потрачено \$137,500.

Рассчитайте следующие параметры (допуская, что затраты на каждую задачу распределяются линейно):

1. Каков был бюджет проекта при его инициации (BAC)?
2. На дату отчета, каковы должны были быть затраты по бюджету (PV)?
3. Какова фактическая стоимость (AC) на дату отчета?
4. Каков освоенный объем (EV) проекта на отчетную дату?
5. Рассчитайте отклонение стоимости (CV) и индекс выполнения стоимости (CPI).
6. Рассчитайте отклонение сроков (SV) и индекс выполнения сроков (SPI).
7. Рассчитайте «оптимистическую», «нормальную» и «пессимистическую» стоимость проекта до завершения (EAC).

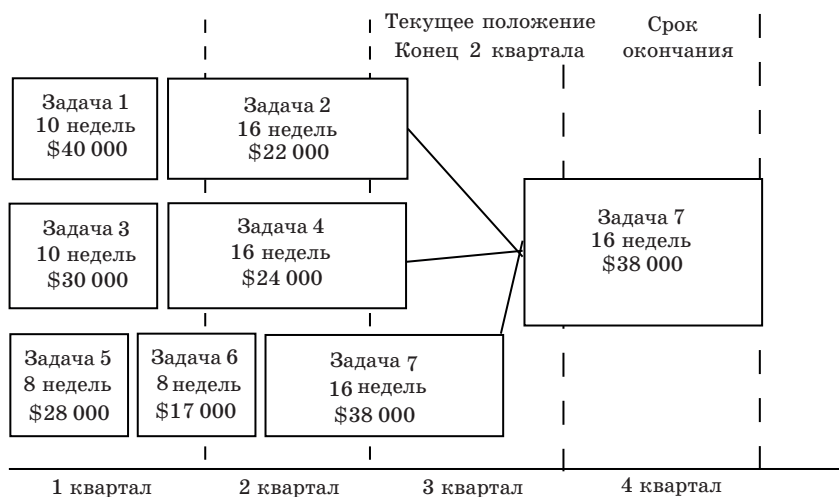


Рис. 7. Условия задачи

ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЕКТНОГО РАСПИСАНИЯ

Метод оценки и анализа проекта (PERT) и метод критического пути

Метод оценки и анализа программы (или проекта), обычно сокращенно называемый PERT, – это модель управления проектом, предназначенная для анализа и представления задач, связанных с завершением данного проекта. Она обычно используется в сочетании с методом критического пути (СРМ).

PERT – это метод анализа задач, связанных с выполнением конкретного проекта, особенно времени, необходимого для выполнения каждой задачи, и определения минимального времени, необходимого для завершения всего проекта.

PERT был разработан в первую очередь для упрощения планирования и составления графиков крупных и сложных проектов. Она была разработана Биллом Пококом из компании Booz Allen Hamilton и Гордоном Перхсоном из Управления специальных проектов ВМС США в 1957 г. для поддержки проекта атомной подводной лодки ВМС США Polaris. Она смогла учесть неопределенность, позволив составить график проекта, не зная точно деталей и продолжительности всех работ. Это скорее метод, ориентированный на события, а не на начало и завершение, и используется в проектах, где основным фактором является время, а не стоимость. Он применяется в очень крупномасштабных, одновременных, сложных, не регулярных инфраструктурных проектах и проектах НИОКР. Примером может служить проект Зимних Олимпийских игр 1968 г. в Гренобле, в котором PERT применялась с 1965 г. до открытия Игр 1968 г.

Эта модель проекта была первой в своем роде, возрождением научного менеджмента, основанного Фредериком Тейлором (тейлоризм) и позже усовершенствованного Генри Фордом (фордизм). Метод критического пути корпорации DuPont был изобретен примерно в то же время, что и PERT.

Условные обозначения:

– Диаграмма PERT – это инструмент, облегчающий принятие решений. В первом проекте диаграммы PERT события нумеруются последовательно через 10 (10, 20, 30 и т. д.), чтобы впоследствии можно было вставить дополнительные события.

– Два последовательных события на диаграмме PERT связаны между собой действиями, которые условно представлены в виде стрелок (см. диаграмму выше).

– События представлены в логической последовательности, и ни одно мероприятие не может начаться, пока не будет завершено непосредственно предшествующее ему событие.

– Планировщик решает, какие этапы должны быть событиями PERT, а также определяет их «правильную» последовательность.

– Диаграмма PERT может иметь несколько страниц с большим количеством подзадач.

PERT ценна для управления, когда несколько задач выполняются одновременно, чтобы уменьшить избыточность.

Терминология PERT:

– Событие PERT: точка, которая отмечает начало или завершение одного или нескольких видов деятельности. Оно не требует времени и не использует ресурсы. Когда событие знаменует завершение одной или нескольких задач, оно не «достигается» (не происходит), пока не будут завершены все работы, ведущие к этому событию.

– Событие-предшественник: событие, которое непосредственно предшествует какому-либо другому событию без каких-либо других событий. Событие может иметь несколько событий-предшественников и может быть предшественником нескольких событий.

– Событие-преемник: событие, которое непосредственно следует за каким-либо другим событием без каких-либо других промежуточных событий. Событие может иметь несколько событий-преемников и может быть преемником нескольких событий.

– Деятельность PERT: фактическое выполнение задачи, которая требует времени и ресурсов (таких как труд, материалы, пространство, оборудование). Его можно понимать как представление времени, усилий и ресурсов, необходимых для перехода от одного события к другому. Мероприятие PERT не может быть выполнено до тех пор, пока не произойдет событие-предшественник.

– Оптимистическое время (О): минимально возможное время, необходимое для выполнения задачи, при условии, что все идет лучше, чем обычно ожидается.

– Пессимистическое время (Р): максимально возможное время, необходимое для выполнения задачи, при условии, что все пойдет не так, как ожидалось (но исключая крупные катастрофы).

– Наиболее вероятное время (М): наилучшая оценка времени, необходимого для выполнения задачи, при условии, что все идет как обычно.

– Ожидаемое время (TE): наилучшая оценка времени, необходимого для выполнения задачи, при условии, что все идет как обычно (подразумевается, что ожидаемое время – это среднее время, которое

потребуется для выполнения задачи, если задача будет повторяться несколько раз в течение длительного периода времени):

$$TE = (O + 4M + P) / 6.$$

– Временной резерв (Float или Slack) – это количество времени, на которое задача в сети проекта может быть отложена без возникновения задержки – последующие задачи – (free float) или завершение проекта – (total float).

– Критический путь: самый длинный возможный непрерывный путь от начального события до конечного события. Он определяет общее календарное время, необходимое для проекта; и, следовательно, любая задержка времени на критическом пути приведет к задержке достижения конечного события по крайней мере на такую же величину.

Реализация

Первый шаг к планированию проекта – определение задач, которые требует проект, и порядка, в котором они должны быть выполнены. Порядок может быть легко зафиксирован для одних задач (например, при строительстве дома земля должна быть грейдирована перед закладкой фундамента) и сложно для других (Есть два участка, которые необходимо грейдировать, но бульдозеров достаточно только для одного). Кроме того, смета времени обычно отражает обычное, не спешное время. Во многих случаях время, необходимое для выполнения задания, может быть сокращено за дополнительную плату или снижение качества.

В следующем примере (рис. 8) есть семь задач, обозначенных от А до G. Некоторые задачи могут выполняться одновременно (А и В), в то время как другие не могут быть выполнены до завершения предыдущей задачи (С не может быть начата до завершения А). Кроме того, каждая задача имеет три оценки времени: оптимистическая оценка времени (О), наиболее вероятная или нормальная оценка времени (М) и пессимистическая оценка времени (Р). Ожидаемое время (ТЕ) рассчитывается по формуле $(O + 4M + P) / 6$.

Сетевая диаграмма может быть создана от руки или с помощью программного обеспечения для создания диаграмм. Существует два типа сетевых диаграмм: диаграммы «активность на стрелке» (АОА) и «активность на узле» (АОН). Диаграммы «активность на узле» обычно проще в создании и интерпретации. Чтобы создать диаграмму АОН, рекомендуется (но не обязательно) начать с узла с именем start. Продолжительность этой «деятельности» равна нулю (0).

F3 \times \checkmark f_x =ОКРУГЛ((С3+Е3+4*Д3)/6;2)

	A	B	C	D	E	F
1	Задача	Предшественник(и)	Оценка времени			Ожидаемое время
2			Опт. (O)	Норм (M)	Песс. (P)	
3	A	—	2	4	6	4,00
4	B	—	3	5	9	5,33
5	C	A	4	5	7	5,17
6	D	A	4	6	10	6,33
7	E	B, C	4	5	7	5,17
8	F	D	3	4	8	4,50
9	G	E	3	5	8	5,17

Рис. 8. Пример расчета

Затем вы рисуете каждый вид деятельности, у которого нет предшественника (A и B в данном примере), и соединяете их стрелкой от start к каждому узлу. Далее, поскольку и в C, и в D указано A как предшествующее действие, их узлы рисуются со стрелками, исходящими из A. Действие E указано с B и C как предшествующие действия, поэтому узел E рисуется со стрелками, исходящими из B и C, что означает, что действие E не может начаться, пока не будут завершены B и C. Деятельность F имеет D в качестве предшественника, поэтому нарисована стрелка, соединяющая эти виды деятельности. Аналогично, стрелка проведена от E к G. Поскольку после F и G нет работ, рекомендуется (но опять же не обязательно) соединить их с узлом, обозначенным как finish.

Для построения диаграммы (рис. 9) использовалась программа graphviz (см. <https://graphviz.org/>) и язык описания графов DOT. Подробнее см. <https://tushavin.ru/graphviz/>.

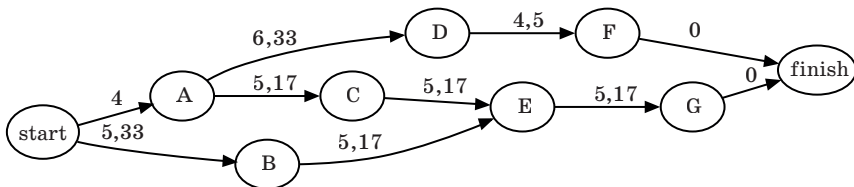


Рис. 9. Сетевая диаграмма

В самом простом виде DOT можно использовать для описания неориентированного графа. Неориентированный граф показывает простые отношения между объектами, например, дружбу между людьми. Ключевое слово `graph` используется для начала нового графа, а узлы описываются в фигурных скобках. Двойной тире (`--`) используется для обозначения связей между узлами. Например:

```
graph graphname {
  a -- b -- c;
  b -- d;
}
```

Подобно неориентированным графам, DOT может описывать направленные графы, такие как блок-схемы и деревья зависимостей. Синтаксис такой же, как и для неориентированных графов, за исключением того, что для начала графа используется ключевое слово `digraph`, а для отображения связей между узлами используется стрелка (`->`).

```
digraph graphname {
  a -> b -> c;
  b -> d;
}
```

DOT поддерживает однострочные и многострочные комментарии в стиле C и C++. Кроме того, он игнорирует строки, первым символом которых является знак числа (`#`).

К графам, узлам и ребрам в файлах DOT можно применять различные атрибуты (см. <https://graphviz.org/>). Эти атрибуты могут управлять такими аспектами, как цвет, форма и стиль линий. Для узлов и ребер одна или несколько пар атрибут-значение помещаются в квадратные скобки (`[]`) после утверждения и перед точкой с запятой (что необязательно). Атрибуты графа указываются как прямые пары атрибут-значение под элементом графа, где несколько атрибутов разделяются запятой или несколькими наборами квадратных скобок, в то время как атрибуты узлов помещаются после утверждения, содержащего только имя узла, но не отношения между точками.

Листинг для генерации кода формируется автоматически из таблицы с исходными данными (доступно для скачивания <https://tushavin.ru/pert/>).

Для генерации результата можно использовать онлайн-сервис <https://dreampuf.github.io/GraphvizOnline/>.

```

# Здесь и далее граф строится с помощью сайта
# https://dreampuf.github.io/GraphvizOnline/
digraph structs {
rankdir=LR; # Построение графа слева направо
node [shape=Mrecord]; # Формат узла графа

start->A [label="4"]
start->B [label="5,33"]
A->C [label="5,17"]
A->D [label="6,33"]
B, C->E [label="5,17"]
D->F [label="4,5"]
E->G [label="5,17"]
G,F->finish [label="0"]
}

```

Сама по себе сетевая диаграмма, изображенная на рис. 9, дает ненамного больше информации, чем диаграмма Ганта; однако ее можно расширить, чтобы отобразить больше данных. Наиболее часто на сетевых диаграммах PERT отображается следующая информация:

1. Название деятельности.
2. Обычное время выполнения (продолжительность работ).
3. Время раннего начала (ES).
4. Раннее время окончания (EF).
5. Позднее время начала (LS).
6. Позднее время окончания (LF).
7. Временной резерв (провисание).

Для того чтобы определить эту информацию, предполагается, что работы и нормальное время их выполнения заданы. Первым шагом является определение ES и EF. ES определяется как максимальное EF всех предшествующих работ, если только рассматриваемая работа не является первой, для которой ES равно нулю. EF – это ES плюс продолжительность задачи ($EF = ES + \text{продолжительность}$).

– ES для старта равен нулю, так как это первый вид деятельности. Поскольку продолжительность равна нулю, EF также равен нулю. Этот EF используется в качестве ES для задач A и B.

– ES для задачи A равен нулю. Продолжительность (4 рабочих дня) прибавляется к ES, чтобы получить EF, равный четырем. Этот EF используется в качестве ES для задач C и D.

– ES для задачи B равно нулю. Продолжительность (5,33 рабочих дня) прибавляется к ES, чтобы получить EF 5,33.

– ES для задачи C равно четырем. Продолжительность (5,17 рабочих дней) прибавляется к ES, чтобы получить EF 9,17.

– ES для задачи D равно четырем. Продолжительность (6,33 рабочих дня) прибавляется к ES, чтобы получить EF 10,33. Этот EF используется в качестве ES для задачи F.

– ES для задачи E – это наибольшее из EF его предшественников (B и C). Так как у B EF равен 5,33, а у C – 9,17, то ES для E равен 9,17. Продолжительность (5,17 рабочих дней) прибавляется к ES, чтобы получить EF 14,34. Этот EF используется в качестве ES для G.

– ES для F составляет 10,33. Продолжительность (4,5 рабочих дня) прибавляется к ES, чтобы получить EF 14,83.

– ES для G составляет 14,34. Продолжительность (5,17 рабочих дней) прибавляется к ES, чтобы получить EF 19,51.

– ES для финиша – это наибольший EF предшествующих видов деятельности (F и G). Так как у F EF 14,83, а у G EF 19,51, то ES финиша равен 19,51. Финиш – это этап (и поэтому его продолжительность равна нулю), поэтому EF также равен 19,51.

Описанные вычисления представлены на рис. 10 и доступны для скачивания <https://tushavin.ru/pert/>.

Также на рисунке показано формирование кода для построения сетевой диаграммы PERT для рис. 9.

Диаграмма с учетом полученных данных формируется в Excel, как это показано на рис. 11.

Задача	Описание	Предшественник	Длительность	ES	EF	LS	LF	Резерв	Узлы	Связи	Примечание
start	Начало		0	0	0	0	0	0			
A	Задача A	start	4,00	0	4					start->A	[label="4"]
B	Задача B	start	5,33	0	5,33					start->B	[label="5,33"]
C	Задача C	A	5,17	4	9,17					A->C	[label="5,17"]
D	Задача D	A	6,33	4	10,33					A->D	[label="6,33"]
E	Задача E	B, C	5,17	9,17	14,34					B, C->E	[label="5,17"]
F	Задача F	D	4,50	10,33	14,83					D->F	[label="4,5"]
G	Задача G	E	5,17	14,34	19,51					E->G	[label="5,17"]
finish	Конец	G,F		0	19,51	19,51	19,51	19,51	0	G,F->finish	[label="0"]

Рис. 10. Расчет критического пути (часть 1)

Задача	Описание	Предшественник	Длительность	ES	EF	LS	LF	Резерв	Узлы	Связи	
start	Начало		0	0	0	0	0	0	start [label="(0 0 0) Начало (0 0 0)"];		
A	Задача A	start	4,00	0	4				A [label="(0 4 4) Задача A () "];	start->A	
B	Задача B	start	5,33	0	5,33				B [label="(0 5,33 5,33) Задача B () "];	start->B	
C	Задача C	A	5,17	4	9,17				C [label="{4 5,17 9,17} Задача C () "];	A->C	
D	Задача D	A	6,33	4	10,33				D [label="{4 6,33 10,33} Задача D () "];	A->D	
E	Задача E	B, C	5,17	9,17	14,34				E [label="{9,17 5,17 14,34} Задача E () "];	B, C->E	
F	Задача F	D	4,50	10,33	14,83				F [label="{10,33 4,5 14,83} Задача F () "];	D->F	
G	Задача G	E	5,17	14,34	19,51				G [label="{14,34 5,17 19,51} Задача G () "];	E->G	
finish	Конец	G,F		0	19,51	19,51	19,51	19,51	0	finish [label="{19,51 0 19,51} Конец {19,51 0 19,51}"];	G,F->finish

Рис. 11. Расчет критического пути (часть 1) и построение диаграммы (рис. 12)

Полученный листинг приводится ниже

```

digraph structs {
rankdir=LR;
node [shape=Mrecord];

start [label="{0|0|0}|Начало|{0|0|0}"];
A [label="{0|4|4}|Задача A|{|}|"];
B [label="{0|5,33|5,33}|Задача B|{|}|"];
C [label="{4|5,17|9,17}|Задача C|{|}|"];
D [label="{4|6,33|10,33}|Задача D|{|}|"];
E [label="{9,17|5,17|14,34}|Задача E|{|}|"];
F [label="{10,33|4,5|14,83}|Задача F|{|}|"];
G [label="{14,34|5,17|19,51}|Задача G|{|}|"];
finish [label="{19,51|0|19,51}|Конец|{19,51|0|19,51}"];

start->A
start->B
A->C
A->D
B, C->E
D->F
E->G
G, F->finish
}

```

Если не произойдет никаких непредвиденных событий, проект должен быть завершен за 19,51 рабочих дней. Следующий шаг – определение позднего начала (LS) и позднего окончания (LF) каждого вида деятельности. Это в конечном итоге покажет, есть ли работы, которые имеют провисание. LF определяется как минимальное LS всех последующих работ, если только работа не является последней, для которой LF равно EF. LS – это LF минус длительность задачи (LS = LF – длительность).

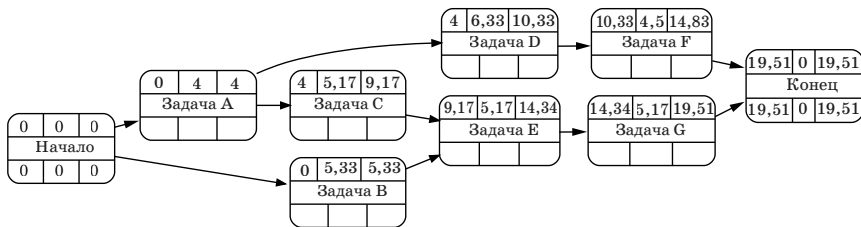


Рис. 12. Сетевая диаграмма PERT (прямой проход)

– LF для финиша равна EF (19,51 рабочих дней), поскольку это последняя работа в проекте. Поскольку продолжительность равна нулю, LS также составляет 19,51 рабочих дней. Это значение будет использоваться в качестве LF для F и G.

– LF для G составляет 19,51 рабочих дней. Продолжительность (5,17 рабочих дней) вычитается из LF, чтобы получить LS 14,34 рабочих дней. Это значение будет использоваться в качестве LF для E.

– LF для F составляет 19,51 рабочих дней. Продолжительность (4,5 рабочих дня) вычитается из LF, чтобы получить LS 15,01 рабочих дней. Это значение будет использоваться в качестве LF для D.

– LF для E составляет 14,34 рабочих дней. Продолжительность (5,17 рабочих дней) вычитается из LF, чтобы получить LS 9,17 рабочих дней. Это значение будет использоваться в качестве LF для B и C.

– LF для D составляет 15,01 рабочих дней. Продолжительность (6,33 рабочих дня) вычитается из LF, чтобы получить LS 8,68 рабочих дней.

– LF для C составляет 9,17 рабочих дней. Продолжительность (5,17 рабочих дней) вычитается из LF, чтобы получить LS 4 рабочих дня.

– LF для B составляет 9,17 рабочих дней. Продолжительность (5,33 рабочих дня) вычитается из LF, чтобы получить LS 3,84 рабочих дня.

– LF для A – это минимальный LS его последующих работ. Поскольку у C LS составляет 4 рабочих дня, а у D LS составляет 8,68 рабочих дней, LF для A составляет 4 рабочих дня. Продолжительность (4 рабочих дня) вычитается из LF, чтобы получить LS 0 рабочих дней.

– LF для начала – это минимальное LS последующих работ. Поскольку у A LS составляет 0 рабочих дней, а у B LS составляет 3,84 рабочих дня, LS равен 0 рабочих дней.

Следующим шагом является определение критического пути и определение того, есть ли у каких-либо работ провисание. Критический путь – это путь, который занимает больше всего времени. Чтобы определить время прохождения пути, сложите длительности задач для всех доступных путей. Работы, имеющие провисание, можно отложить без изменения общего времени проекта. Провисание рассчитывается одним из двух способов: провисание = LF – EF или провисание = LS – ES. Работы, которые находятся на критическом пути, имеют нулевой (0) резерв времени.

- Продолжительность пути ADF составляет 14,83 рабочих дня.
- Продолжительность пути ACEG – 19,51 рабочих дней.
- Продолжительность пути BEG составляет 15,67 рабочих дней.

Критический путь – ACEG, а критическое время – 19,51 рабочих дней. Важно отметить, что может быть более одного критического пути (в более сложных проектах, чем этот пример) или что критический путь может измениться. Например, предположим, что работы D и F выполняются в пессимистическое время, а не в ожидаемое. Теперь критический путь – ADF, а критическое время – 22 рабочих дня. С другой стороны, если деятельность C может быть сокращена до одного рабочего дня, время пути для ACEG сокращается до 15,34 рабочих дней, что немного меньше времени нового критического пути BEG (15,67 рабочих дней).

Предполагая, что эти сценарии не произойдут, теперь можно определить провисание для каждого вида деятельности.

– Старт и финиш являются вехами и по определению не имеют продолжительности, поэтому у них не может быть провисания (0 рабочих дней).

– Работы на критическом пути по определению имеют провисание, равное нулю; однако всегда полезно проверить математику при ручных расчетах.

$$LF_A - EF_A = 4 - 4 = 0$$

$$LF_C - EF_C = 9,17 - 9,17 = 0$$

$$LF_E - EF_E = 14,34 - 14,34 = 0$$

$$LF_G - EF_G = 19,51 - 19,51 = 0$$

– Работа B имеет LF 9,17 и EF 5,33, поэтому резерв составляет 3,84 рабочих дня.

– Вид деятельности D имеет LF 15,01 и EF 10,33, поэтому резерв составляет 4,68 рабочих дней.

– Работа F имеет LF 19,51 и EF 14,83, поэтому резерв составляет 4,68 рабочих дней.

Поэтому работу B можно отложить почти на 4 рабочих дня без задержки проекта. Аналогично, работы D или F могут быть отложены на 4,68 рабочих дня без задержки проекта (в качестве альтернативы, работы D и F могут быть отложены на 2,34 рабочих дня каждая).

Итоговая диаграмма с учетом полученных данных формируется в Excel, как это показано на рис. 13.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Задача	Описание	Предшественник	Длительность	ES	EF	LS	LF	Резерв	Узлы	Связи
2	start	Начало		0	0	0	0	0	0	start [label="{0 0 0} Начало {0 0 0}"; color="red"];	
3	A	Задача A	start	4,00	0	4	0	4	0	A [label="{0 4 4} Задача A {0 0 4}"; color="red"];	start->A
4	B	Задача B	start	5,33	0	5,33	3,84	9,17	3,84	B [label="{0 5,33 5,33} Задача B {3,84 3,84 9,17}"];	start->B
5	C	Задача C	A	5,17	4	9,17	4	9,17	0	C [label="{4 5,17 9,17} Задача C {4 0 9,17}"; color="red"];	A->C
6	D	Задача D	A	6,33	4	10,33	8,68	15,01	4,68	D [label="{4 6,33 10,33} Задача D {8,68 4,68 15,01}"];	A->D
7	E	Задача E	B, C	5,17	9,17	14,34	9,17	14,34	0	E [label="{9,17 5,17 14,34} Задача E {9,17 0 14,34}"; color="red"];	B, C->E
8	F	Задача F	D	4,50	10,33	14,83	15,01	19,51	4,68	F [label="{10,33 4,5 14,83} Задача F {15,01 4,68 19,51}"];	D->F
9	G	Задача G	E	5,17	14,34	19,51	14,34	19,51	0	G [label="{14,34 5,17 19,51} Задача G {14,34 0 19,51}"; color="red"];	E->G
10	finish	Конец	G,F	0	19,51	19,51	19,51	19,51	0	finish [label="{19,51 0 19,51} Конец {19,51 0 19,51}"; color="red"];	G,F->finish

Рис. 13. Итоговый расчет

Полученный листинг приводится ниже. Критический путь выделяется красным. Результат вычислений изображен на рис. 14.

```
digraph structs {
rankdir=LR;
node [shape=Mrecord];

start [label="{0|0|0}|Начало|{0|0|0}"; color="red"];
A [label="{0|4|4}|Задача A|{0|0|4}"; color="red"];
B [label="{0|5,33|5,33}|Задача B|{3,84|3,84|9,17}"];
C [label="{4|5,17|9,17}|Задача C|{4|0|9,17}";
color="red"];
D [label="{4|6,33|10,33}|Задача D|{8,68|4,68|15,01}"];
E [label="{9,17|5,17|14,34}|Задача E|{9,17|0|14,34}"; color=
"red"];
F [label="{10,33|4,5|14,83}|Задача F|{15,01|4,68|19,51}"];
G [label="{14,34|5,17|19,51}|Задача G|{14,34|0|19,51}"; color=
"red"];
finish [label="{19,51|0|19,51}|Конец|{19,51|0|19,51}"; color=
"red"];
start->A
start->B
A->C
A->D
B, C->E
D->F
E->G
G, F->finish
}
```

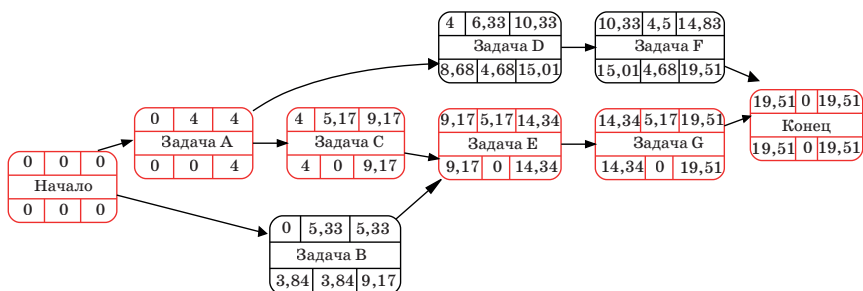


Рис. 14. Сетевая диаграмма PERT (итог)

Помимо вышеизложенного, метод PERT позволял оценивать проектные риски для сроков с помощью нахождения доверительного интервала для рассчитанного критического пути (обычно CI 0.95) и построения S-кривой для проектных сроков. Следует отметить, что в настоящее время для решения этой задачи обычно используют метод Монте-Карло, поскольку в методе PERT предполагается, что критический путь при изменении сроков задачи на критическом пути остается неизменен. Что, как нетрудно, догадаться верно далеко не всегда. Тем не менее, в методике имеется формула расчета стандартного отклонения $CTO = (P - O) / 6$, которая и позволяет это делать с учетом допущения о нормальности распределения данных. Методика расчета основана на свойстве бесконечной делимости нормального распределения: Если случайные величины X_1 и X_2 независимы и имеют нормальное распределение с математическими ожиданиями μ_1 и μ_2 и дисперсиями σ_1^2 и σ_2^2 соответственно, то $X_1 + X_2$ также имеет нормальное распределение с математическим ожиданием $\mu_1 + \mu_2$ и дисперсией $\sigma_1^2 + \sigma_2^2$.

Пример расчета показан на рис. 15.

Ниже на рис. 16 представлена выборочная функция распределения вероятностей (которая в проектном менеджменте носит названия «суммарное распределение вероятностей» (cdf) и «S-кривая» [8]), полученная в результате выполнения данных расчетов, на которой показана вероятность вписаться в сроки проекта, если бы он был посчитан только по наиболее ожидаемым срокам, не используя оценки по трем точкам.

F12 \times \checkmark fx | ="&F11-2*G11&"; "&F11+2*G11&"]"

1	A	B	C D E			F	G	H	
			Оценка времени						
2	Задача	Предшественник(и)	Опт. (O)	Норм (M)	Песс. (P)	Ожидаемое время	Стандартное отклонение	Дисперсия	
3	A	—	2	4	6	4,00	0,67	0,45	
4	B	—	3	5	9	5,33	1,00	1,00	
5	C	A	4	5	7	5,17	0,50	0,25	
6	D	A	4	6	10	6,33	1,00	1,00	
7	E	B, C	4	5	7	5,17	0,50	0,25	
8	F	D	3	4	8	4,50	0,83	0,69	
9	G	E	3	5	8	5,17	0,83	0,69	
10									
11	Общее время проекта (длина критического пути)						19,51	1,28	1,64
12	95% доверительный интервал для сроков проекта						[16,95; 22,0]		
13									

Рис. 15. Расчет доверительного интервала для сроков проекта

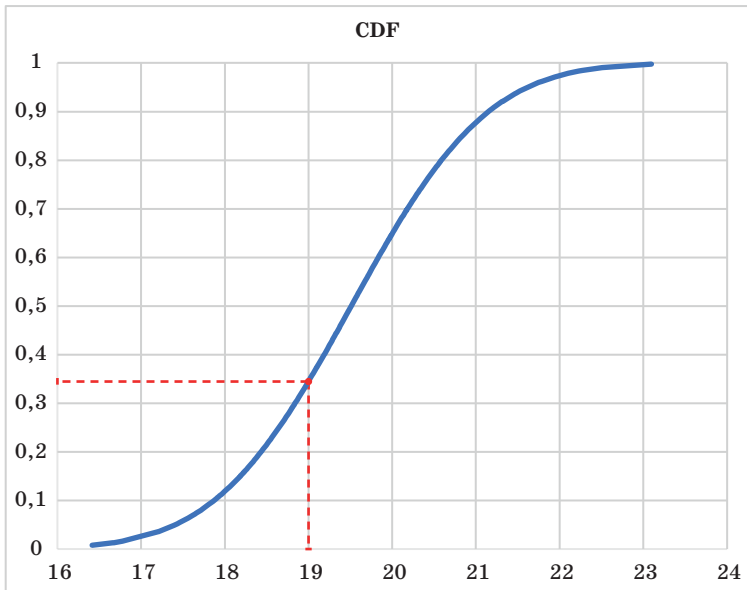


Рис. 16. Выборочная функция распределения вероятностей для сроков проекта

Как видно из полученных результатов, вероятность вписаться в бюджет, планируемый по подходу, основанному всего на одном ожидаемом значении сроков для каждой задачи, составляет около 35%.

Практическое задание № 4

В табл. 11 приводятся сроки каждого из этапов проекта, заданных сетевым графиком в формате DOT для каждого из вариантов.

Необходимо:

1. Построить сетевую диаграмму PERT по образцу рис. 14.
2. Построить S-кривую для проекта по образцу рис. 16.

Отчет оформить в соответствии с требованиями.

Таблица 11

Сроки каждого этапа проекта

Задача	Сроки выполнения, час		
	Пессимистич. Р	Норм. М	Оптимист. О
A	100	50	40
B	50	40	10
C	100	65	20
D	60	55	50
E	25	20	15
F	12	10	5
G	50	40	30
H	10	5	1

<p style="text-align: center;"><i>Вариант 1</i></p> <pre>digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->B; B->E; E->F; A->C; C->F; A->D; D->F;}</pre>	<p style="text-align: center;"><i>Вариант 2</i></p> <pre>digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->B; B->E; E->F; A->C; C->F; A->D; D->F; B->C;}</pre>
<p style="text-align: center;"><i>Вариант 3</i></p> <pre>digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->B; B->E; E->F; A->C; C->F; A->D; D->F; B->D;}</pre>	<p style="text-align: center;"><i>Вариант 4</i></p> <pre>digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->B; B->E; E->F; A->C; C->F; A->G; G->F; }</pre>
<p style="text-align: center;"><i>Вариант 5</i></p> <pre>digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->H; H->E; E->F; A->C; C->F; A->G; G->F; }</pre>	<p style="text-align: center;"><i>Вариант 6</i></p> <pre>digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->H; H->E; E->F; A->C; C->F; A->G; G->F; H->F}</pre>

<i>Вариант 7</i>	<i>Вариант 8</i>
digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->H; H->E; E->F; A->C; C->F; A->G; G->C; H->F}	digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->H; H->E; E->F; C->F; A->G; G->C; H->F}
<i>Вариант 9</i>	<i>Вариант 10</i>
digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->H; H->E; E->F; C->F; A->G; G->C; H->C}	digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->H; H->E; E->F; C->F; B->G; G->C; H->C}
<i>Вариант 11</i>	<i>Вариант 12</i>
digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->H; H->E; E->F; G->E; C->F; B->G; G->C; H->C}	digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->H; H->E; E->F; B->F; C->F; B->G; G->C; }
<i>Вариант 13</i>	<i>Вариант 14</i>
digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->H; H->E; E->A; C->A; B->G; G->A; B->C}	digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->H; H->E; E->A; D->C; C->A; B->G; G->A; B->D}
<i>Вариант 15</i>	<i>Вариант 16</i>
digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->F; F->E; E->A; D->C; C->G; G->A; B->D}	digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->F; F->E; E->A; D->E; C->G; G->A; B->D;B->C;}
<i>Вариант 17</i>	<i>Вариант 18</i>
digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->F; F->E; E->A; D->E;C->D; C->G; G->A; B->D;B->C;}	digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; B->F; F->E; E->A; D->E;C->D; C->G; G->E; B->D;B->C; F->G}
<i>Вариант 19</i>	<i>Вариант 20</i>
digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->B; B->E; H->F; A->C; E->H; C->F; D->F; C->G; G->E; G->D}	digraph G { rankdir=LR;node [shape = box]; A->B; B->E; H->F; A->C; E->H; C->F; D->F; C->G; G->E; G->D}

ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЕКТНОГО СОДЕРЖАНИЯ

Деревья текущей и будущей реальности

Теория ограничений – популярная методология управления производством, распространённая и на другие сферы управленческой деятельности, разработанная в 1980-е гг. Элияху Голдратом и базирующаяся на поиске и управлении ключевым ограничением системы, которое предопределяет успех и эффективность всей системы в целом. Основной особенностью методологии является то, что делая усилия над управлением очень малым количеством аспектов системы, можно достичь эффекта, нелинейно превышающего результат одновременного воздействия на все или большинство проблемных областей системы сразу или поочередно.

Подход теории ограничений основан на том, чтобы выявлять это ограничение и управлять им для увеличения эффективности достижения поставленной цели (для бизнеса ускорение и увеличение генерации прибыли). Где эффективность – это скорость достижения цели с минимально возможными затратами и без урезания цели по содержанию. Методологически теория ограничений включает в себя ряд логических инструментов, позволяющих найти ограничение, выявить стоящее за ним управленческое противоречие, подготовить решение и внедрять его с учётом интересов всех заинтересованных сторон. Нацеленность на конечный результат позволяет добиваться чрезвычайно быстрых результатов (для бизнеса – 2–3 месяца), нацеленность на взаимовыгодные решения позволяет повышать уровень взаимодействия и мотивацию персонала. Голдратт разработал и опубликовал прикладные решения теории ограничений для операционных процессов и управления производством, управления финансами и формирования показателей, управления проектами (разработка новой продукции, строительство), логистики и всей цепи поставок, маркетинга, всех видов продаж, управления персоналом, формирования тактики и стратегии развития системы.

Среди предлагаемых теорией ограничений методов – набор правил проверки логичности утверждений о работе организации и причинно-следственных связей между ними, алгоритмы построения причинно-следственных диаграмм, метод «барабан – буфер – канат», а также метод критической цепи для управления проектами.

Теория ограничений предлагает также более общий системный подход к поиску и снятию ограничений, который может быть применён не только в производстве, но и в других, самых разнообразных

системах. Данный подход состоит из последовательного построения аналитических схем следующих типов:

– дерево текущей реальности (ДТР, аналогичное диаграмме текущего состояния, используемой многими организациями) – для выявления причинно-следственных отношений между нежелательными явлениями и корневой причиной большинства данных нежелательных явлений;

– диаграмма разрешения конфликта (ДРК) – для устранения противоречий в системе, которые часто являются причиной нежелательной ситуации в системе. Способ устранения противоречий принято называть инъекцией;

– дерево будущей реальности (ДБР) – когда выбраны некоторые способы (инъекции) устранения выявленных с помощью ДТР корневых причин проблем или конфликта в диаграмме разрешения конфликта, строится дерево, показывающее будущее состояние системы; это необходимо для выявления негативных последствий выбранных инъекций (негативных ветвей) и выбора способов борьбы с ними;

– дерево перехода – для выявления возможных препятствий на пути преобразований и их устранения;

– план преобразований – для выработки конкретных инструкций для исполнителей для внедрения планируемых изменений.

Подход описан в художественной форме в книге «Цель-2. Дело не в везении», более формальным академическим языком – в книге Детмера «Теория ограничений Голдратта».

Метод мыслительных процессов Голдратта, в отличие от многих подобных методик визуализации информации (например, диаграммы Исикавы, ментальных карт), предлагает набор правил, позволяющих проверить наличие причинно-следственных связей и их достоверности. Такие правила называются критериями проверки логических построений (КПЛП, Categories of Legitimate Reservation) – это восемь положений, при помощи которых можно проверить, доказать или опровергнуть правильность выстроенных причинно-следственных связей:

Ясность – все однозначно понимают утверждения, используемые в диаграмме.

Наличие утверждения – утверждение содержит законченную мысль.

Наличие причинно-следственных отношений – действительно ли названная причина вызывает указанное следствие?

Достаточность приведенной причины – названная причина достаточна, чтобы вызвать указанное следствие, в данном контексте.

Проверка наличия альтернативной причины – не может ли названная причина быть всего лишь одной из возможных?

Недопустимость подмены причины следствием – перепутаны причина и следствие.

Поиск проверочного следствия – если названная причина имеет место, то у неё должны быть не только указанное следствие, но и некоторые другие, побочные, следствия (которые не обязательно должны быть указаны в конкретной диаграмме).

Отсутствие тавтологии – следствие предлагается в качестве обоснования существования причины.

Дерево текущей реальности (Current Reality Tree, CRT) – это процедура фокусировки, сформулированная Элияху Моше Голдратом, разработчиком теории ограничений. Этот процесс предназначен для того, чтобы помочь лидерам понять причину и следствие в ситуации, которую они хотят улучшить. Он рассматривает множественные проблемы в системе как симптомы, возникающие из-за одной или нескольких конечных первопричин или системных основных проблем. Он описывает в виде визуальной (причинно-следственной сети) диаграммы основные воспринимаемые симптомы (наряду с вторичными или скрытыми, которые приводят к воспринимаемым симптомам) проблемного сценария и, в конечном счете, очевидные первопричины или основной конфликт.

Преимущество создания CRT заключается в том, что оно явно определяет связи или зависимости между воспринимаемыми симптомами (эффектами) и коренными причинами (основными проблемами или конфликтами). Если основные проблемы будут выявлены, расставлены по приоритетам и решены должным образом, многочисленные нежелательные эффекты в системе исчезнут. Затем лидеры могут сосредоточиться на решении нескольких основных проблем, которые приведут к самым большим позитивным системным изменениям.

Дерево текущей реальности (см. рис. 17) – это констатация основной проблемы и симптомов, которые возникают из-за нее. Он отображает последовательность причин и следствий от основной проблемы до симптомов. Большинство симптомов возникнут из-за одной основной проблемы или основного конфликта. Устранение основной проблемы вполне может привести к устранению каждого из симптомов. Оперативная работа в обратном направлении от очевидных нежелательных эффектов или симптомов, чтобы раскрыть или обнаружить основную причину.

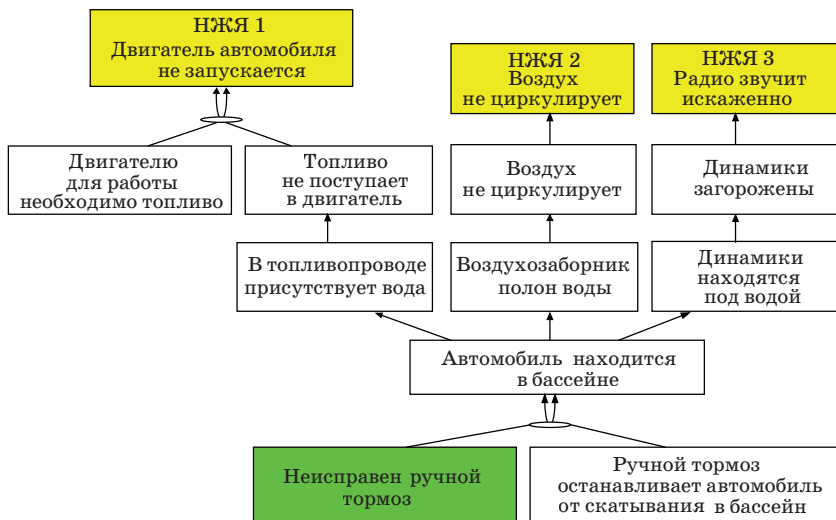


Рис. 17. Пример дерева текущей реальности

Дерево текущей реальности часто используется, когда:

- не ясно, как применить один или несколько из пяти направляющих шагов;
- команда, осуществляющая преобразование системы, испытывает трудности с получением общего согласия руководства относительно предполагаемых изменений.

Как разработать текущее дерево реальности?

Картина текущей реальности проясняется при тщательной оценке и анализе проблем и негативных последствий. Это позволяет руководству создать основу «высокоэффективной организации».

CRT начинается со списка проблем, известных как нежелательные явления (НЖЯ). Предполагается, что они являются симптомами более глубокой общей причины. В качестве примера можно привести несколько несерьезный пример: у владельца автомобиля могут быть следующие НЖЯ:

- двигатель автомобиля не заводится;
- кондиционер не работает;
- радио звучит искаженно.

CRT изображает цепь причинно-следственных рассуждений (если, то, тогда) в графической форме, где эллипсы или круги представляют «и». График строится путем:

- попытки связать любые два НЖЯ с помощью причинно-следственных рассуждений. Например, «если для работы двигателя не-

обходимо топливо, а топливо не поступает в двигатель, то двигатель автомобиля не заведется».

– детализацией рассуждений для обеспечения их обоснованности и правдоподобности. Например, «если в воздухозаборнике полно воды, то кондиционер не работает». Уточнение (потому что воздух не может циркулировать) добавляется как промежуточный шаг.

– связывание каждого из оставшихся НЭ с существующим деревом путем повторения предыдущих шагов.

Этот подход, как правило, сходится к одной первопричине. В проиллюстрированном случае первопричиной вышеуказанных НЖЭ считается неисправный ручной тормоз.

Для построения деревьев текущей и будущей реальности с использованием языка описания графов DOT понадобятся следующие графические элементы:

- прямоугольники: [shape = box];
- овалы: [shape = oval,label="","",height=0.1];
- соединительные линии [dir=none];
- соединительные стрелки;
- кружки: [shape=circle].

Также ориентируем документ сверху вниз (rankdir=BT) и выставим шрифт.

Код, описывающий рисунок выше, представлен ниже в листинге:

```
digraph car {
resize=auto;
rankdir=BT;
charset="utf8";
node [fontname="Times New Roman", shape = box];

# Нежелательные явления
UDE1 [label="НЖЯ 1\nДвигатель автомобиля\nне запускается", style=filled, fillcolor=yellow]
UDE2 [label="НЖЯ 2\nВоздух\nне циркулирует", style=filled, fillcolor=yellow]
UDE3 [label="НЖЯ 3\nРадио звучит\nискаженно", style=filled, fillcolor=yellow]

# Причины
T101 [label="Двигателю\nдля работы\nнеобходимо топливо"]
T102 [label="Топливо\nне поступает\nв двигатель"]
T111 [label="В топливопроводе\nприсутствует вода"]

T201 [label="Воздух\nне циркулирует"]
T211 [label="Воздухозаборник\nполон воды"]
T301 [label="Динамики\nзагорены"]
T311 [label="Динамики\nнаходятся\nпод водой"]
```

```

T121 [label="Автомобиль\находится\нв бассейне"]

T131 [label="Неисправен\нручной\нтормоз", style=filled,
fillcolor=green]
T132 [label="Ручной тормоз\поставливает\навтомобиль\пот
скатывания\нв бассейн"]

# Описание всех овалов И
node [shape = oval,label="",height=0.1];
Z1,Z2;

#Описание графа
Z2,Z2->UDE1;
T101,T102->Z2 [dir=none];
T111->T102;
T201->UDE2;
T211->T201;
T301->UDE3;
T311->T301;
T121->T111,T211,T311
T131,T132->Z1 [dir=none];
Z1,Z1->T121;
}

```

Дерево будущей реальности (Future Reality Tree , FRT) служит двум задачам: во- первых, оно позволяет удостовериться, что действие, которое мы собираемся предпринять, действительно приведет к желаемым результатам, а во- вторых, эта диаграмма дает возможность определить, какие негативные последствия может вызвать задуманное нами действие. Эти два момента очень важны и полезны: мы можем логически «протестировать» эффективность предполагаемых действий, до того как потратить на них время, силы или ресурсы. Таким образом удастся избежать ухудшения ситуации. Подтверждая эффективность новой конфигурации нашей системы, этот инструмент отвечает на вопрос «на что менять?». Диаграмма FRT может также быть неопенимым инструментом стратегического планирования.

Дерево будущей реальности, как следует из названия, – это дерево, которое позволяет визуализировать будущее состояние. Оно отвечает на вопрос «к каким изменениям?» или «изменения ради чего?». Дерево будущей реальности – это логическая структура, позволяющая человеку построить решение, которое при реализации устраняет существующие НЖЯ за счет желаемых эффектов (ЖЭ) без создания разрушительных новых. Другими словами, FRT представ-

ляет собой последовательность причинно-следственных связей, которая связывает предлагаемые инъекции (воздействия) с желаемыми эффектами (ЖЭ).

Структура FRT похожа на дерево текущей реальности (CRT), но отличается от него тем, что предлагает действия, политику и поведенческие изменения, «вводимые» в текущее состояние (или реальность), чтобы привести к будущему состоянию.

Чтобы построить CRT, начните с набора нежелательных явлений (НЖЯ) и доберитесь до основного драйвера, на основе которого мы изобретаем решения (также называемые инъекциями).

Чтобы построить FRT, начните с потенциального решения (инъекции) и постройте его вверх до набора желательных эффектов (ЖЭ).

Как создать дерево реальности будущего?

Низкоуровневые причины (корневые причины), выявленные в CRT, сильно влияют на всю структуру дерева связанных с ними эффектов. Таким образом, любое изменение, направленное на устранение причины нежелательных эффектов, будет распространять свой эффект «вверх». Это достигается путем объединения реальных причин с инъекциями, которые представляют собой сущности (действия или условия), еще не существующие, но необходимые для исправления текущего состояния, чтобы преобразовать его в целевое желаемое или будущее состояние.

FRT строится снизу вверх, в то время как CRT описывается сверху (НЖЯ) до корневой причины.

В верхней части FRT находятся желаемые эффекты (Desirable Effects, DE), которые чаще всего являются отрицанием НЖЯ.

FRT показывает, как именно решение устранит НЖЯ и принесет желаемые эффекты.

FRT гарантирует, что мы сосредоточимся на правильном решении и что наши усилия не окажутся тщетными.

Практическое задание № 5

Для приведенного выше дерева текущей реальности, постройте дерево будущей реальности (FRT) с использованием языка DOT. Отчет должен быть оформлен в соответствии с требованиями и содержать как итоговое дерево, так и код для его построения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние десятилетия направление менеджмента, определяемое как «управление проектами» или проектный менеджмент (проектная деятельность)», стало предметом все увеличивающегося серьезного интереса значительного числа российских организаций. Диверсификация бизнеса, вывод на рынок нового продукта, реструктуризация подразделений компании, увеличение доли рынка – это лишь некоторые примеры инициатив, реализация которых может быть осуществлена с использованием проектных подходов и инструментария.

В данном учебно-методическом пособии в последовательной, структурированной форме излагаются основные подходы к прогнозированию сроков, бюджета и содержания проекта с использованием конкретных методов и инструментов. Следует отметить, что в связи с одновременным преподаванием дисциплины «Модели и методы управления рисками» материалы этого курса, хотя они и пересекаются по смыслу, в данное пособие не вошли, поэтому управление рисками в данном пособии не рассматривается. Также не стояла задача дублировать элементы курса по инвестиционному и финансовому анализу, поскольку предполагается, что базовые знания по экономике уже имеются у читателей.

Материалы пособия опираются на требования международных стандартов к процессам управления проектами и сертификации менеджеров в области управления проектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стандарт управления проектом и Руководство к своду знаний по управлению проектом (Руководство РМВОК). 7-е изд. Newtown Square, PA: Project Management Institute, PMI), 2021. 374 с.
2. *ДеКарло Д.* eXtreme Project Management. Экстремальное управление проектам / под ред. Д. А. Баженова, А. О. Арефьева. М.: Компания p.m.Office, 2007. 588 с.
3. ГОСТ Р ИСО 21500-2014 Руководство по проектному менеджменту. – Введ. 2015-03-01. – М. : Стандартинформ, 2015. – 50 с.
4. ГОСТ Р 54869-2011 Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом. Введ. 2011-12-22. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.
5. ГОСТ Р ИСО 10006-2005. Системы менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании. Введ. 2005-09-06. М. : Стандартинформ, 2007. 24 с.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Коссов В. В., Лившиц В. Н., Шахназаров А. Г. М.: ОАО "НПО "Изд-во "Экономика», 2000. 421 с. Издание официальное.
7. Payback Period // CFI, 2020 URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/financial-modeling/payback-period/> (дата обращения: 01.09.2022).
8. Руководство к своду знаний по управлению проектом (Руководство РМВОК) (A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). 6th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, PMI), 2017. 167 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЕКТНОЙ СТОИМОСТИ.....	15
Денежные потоки проектов.....	15
Метод операционного рычага	24
Метод освоенного объема	31
Практическое задание № 1	37
Практическое задание № 2	40
Практическое задание № 3.....	42
ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЕКТНОГО РАСПИСАНИЯ.....	43
Метод оценки и анализа проекта (PERT) и метод критического пути	43
Практическое задание № 4.....	56
ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЕКТНОГО СОДЕРЖАНИЯ.....	58
Деревья текущей и будущей реальности	58
Практическое задание № 5	64
Заключение	65
Список литературы.....	66

Учебное издание

Тушавин Владимир Александрович

**ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ
ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебно-методическое пособие

Публикуется в авторской редакции
Компьютерная верстка *И. А. Мосиной*

Подписано к печати 07.02.2023. Формат 60 × 84 1/16.
Усл. печ. л. 3,9. Уч.-изд. л. 4,1.
Тираж 50 экз. Заказ № 35.

Редакционно-издательский центр ГУАП
190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А