

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники

Ю.П. Ехлаков, Н.В. Пермякова

**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ РАЗРАБОТКИ
ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ**

Томск
Издательство ТУСУРа
2020

УДК 004.41'22:005.334

ББК 32.973.43-018.2

Е934

Рецензенты:

Тарасенко В. Ф., д-р техн. наук,
профессор кафедры теоретической кибернетики
НИ Томского государственного университета;

Фофанов О.Б., канд. техн. наук, доцент
отделения информационных технологий
НИ Томского политехнического университета

Ехлаков, Юрий Поликарпович

Е934 Нечеткие модели и алгоритмы управления рисками разработки программных продуктов: моногр. / Ю.П. Ехлаков, Н.В. Пермякова. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2020. – 164 с.

ISBN 978-5-86889-908-9

Раскрываются особенности программного проекта и программного продукта, этапов жизненного цикла разработки. Вводятся новые понятия рисков разработки программного продукта, предлагается оригинальный классификатор рискообразующих факторов, приводится семантическая модель процесса управления рисками. Описываются нечеткая модель и алгоритмы вычисления рейтинга рискообразующих факторов; нечеткая когнитивная модель и алгоритмы формирования альтернативных планов мероприятий по реагированию на проявление рискообразующих факторов. Приводятся примеры использования моделей при решении практических задач.

Предназначена для специалистов по разработке программных продуктов, студентов по направлению подготовки «Программная инженерия», «Бизнес-информатика» и аспирантов по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника».

УДК 004.41'22:005.334

ББК 32.973.43-018.2

ISBN 978-5-86889-908-9

© Ехлаков Ю.П. Пермякова Н.В., 2020

© Томск. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2020

Введение

Отрасль информационных технологий является наиболее динамично развивающейся отраслью как в мировой экономике, так и в экономике России. По данным аналитического агентства TAdviser в экономике России доля ИТ-услуг на сегодняшний день составляет 44 % в общем обороте ИТ-отрасли, а темп ежегодного прироста оценивается экспертами в 9 % [1]. Следует отметить, что для данного вида бизнеса характерна высокая степень риска. Так, по результатам ежегодного опроса руководителей проектов, проведенного Project Management Institute (PMI)¹, не превысили бюджета 57 % ИТ-проектов, выполнены в срок 52 %, а доля незавершенных проектов составила 15 % [2]. В условиях развивающегося рынка и повышающегося спроса на ИТ-услуги актуальным и необходимым для успешной реализации ИТ-проектов становится учет и анализ всех возможных рисков, в связи с чем вопросы идентификации, оценки и анализа рисков и рискообразующих факторов, а также мониторинга их текущего состояния приобретают ключевое значение при разработке и выводе на рынок программных продуктов (ПП).

В развитие методологии управления рисками разработки программных продуктов, а также с целью конкретизации отдельных ее положений, в монографии описываются методики, модели, алгоритмы и программное обеспечение (ПО) поддержки принятия решений при оценке и анализе рискообразующих факторов на этапах жизненного цикла (ЖЦ) программного продукта с использованием математического аппарата нечеткой логики и когнитивного моделирования. В частности, в монографии предлагаются:

- новые понятия рисков разработки программного продукта («критические отклонения по выполнению функциональных требований», «критические отклонения выполнения нефункциональных требований», «срыв плановых сроков разработки программного продукта», «превышение бюджета разработки программного

¹ В опросе «PMI's 2018 Pulse of the Profession» участвовали более 4000 респондентов, включая топ-менеджеров и риск-менеджеров ИТ-проектов.

продукта)), сформулированные на основе правила «железного треугольника» и логической взаимосвязи формулировок, приведенных в стандартах по проектному управлению («цель проекта как результат деятельности» и «риск проекта как негативное событие, не позволяющее достичь целей»);

- оригинальный классификатор внутренних рискообразующих факторов, основанный на элементах универсальной модели деятельности: «программный продукт (предмет деятельности)», «команда проекта (субъект деятельности)», «инструментальные средства разработки программного продукта (средства деятельности)», «технологии управления процессами разработки программного продукта (технология деятельности)»;

- методика поддержки принятия решений при управлении рисками в виде комплекса семантических моделей, показывающая место нечетких моделей определения рейтинга рискообразующих факторов программного продукта в процессе управления рисками и описывающая основные сущности процесса, используемые в дальнейшем при проектировании структурных элементов концептуальной модели программного комплекса;

- описания нечеткой модели расчета рейтинга рискообразующих факторов, основанной на нечетких описаниях оценок близости наступления и степени критичности факторов, и нечеткой когнитивной модели выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов, использующей математический аппарат нечеткой реляционной алгебры.

Практическое использование менеджерами проектов малых ИТ-компаний методики поддержки принятия решений при управлении рисками и разработанного на ее основе программного комплекса «Формализованное описание рискообразующих факторов с применением алгоритмов нечеткой логики» позволяет:

- выбирать из базы данных множество возможных рискообразующих факторов с учетом специфики ПП;

- получать числовое выражение рейтинга рискообразующих факторов, основанное на качественных экспертных оценках близости наступления и критичности факторов;

-
-
- ранжировать рискообразующие факторы по степени критичности их влияния на сроки оказания услуги, выделяя при этом факторы, требующие особого внимания;
 - оценивать в динамике состояние как ранее идентифицированных рискообразующих факторов, так и новых факторов;
 - формировать альтернативные планы мероприятий по реагированию на проявления рискообразующих факторов и выбирать наиболее предпочтительный план.

1. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА

1.1. Программный продукт как объект проектной деятельности

Особенности нового программного продукта

Результатом успешной реализации программного проекта является новый уникальный программный продукт, представляющий собой совокупность записанных на носителях программных компонентов (продуктов промышленного производства), предназначенных для поставки, передачи или продажи пользователю, снабженных технической документацией, рекламными материалами, инструкциями по обучению пользователей, гарантийными обязательствами по сопровождению и обслуживанию.

Новый программный продукт может создаваться по двум бизнес-моделям: «продуктовой» либо «заказной». Безусловно, применение каждой бизнес-модели таит в себе определенные риски. При использовании заказной модели имеется риск разработать «под заказ» прикладной ПП, работающий с ошибками, непригодный для сопровождения и модификации. Кроме того, имеется риск «затянуть» проект или попасть в опасную зависимость от постоянно меняющихся требований заказчика и т. д.

Использование продуктовой модели предполагает наличие востребованного на рынке (в том числе и глобальном) продукта (или портфеля продуктов) и обеспечение его тиражирования. С точки зрения оценки бизнеса компании-разработчика продуктовая модель более перспективна, в силу того что сама компания является непосредственным производителем новых проектов и технологий. При этом малыми ресурсами могут быть созданы инновационные рыночные продукты, имеющие большой экономический и коммерческий потенциал. Это, в свою очередь, существенно улучшает условия, при которых могут быть получены инвестиции в случае капитализации компании. Использование продуктовой модели разработки ПП требует также пересмотра организационных процессов деятельности компании — от управ-

ления программным проектом к управлению программным продуктом как объектом экономических отношений на рынке.

Программный продукт, созданный по продуктовой модели, может быть поставлен пользователям как в виде проданной лицензии, так и в виде предоставленной услуги. В первом случае речь идет о поставке, развертывании и внедрении ПП на программно-технических средствах заказчика по договору (контракту) купли-продажи, при этом имущественное право на ПП переходит к заказчику. Во втором случае программный продукт поставляется пользователям по SaaS-модели² в виде сервиса как одной из форм облачных вычислений. При этом заказчику предоставляется доступ к готовому ПП, развернутому на программно-технических средствах разработчика. Основное преимущество SaaS-модели для потребителя услуги состоит в том, что заказчики платят не за владение программным обеспечением как таковым, а за его аренду.

Таким образом, в отличие от классической схемы продажи лицензии на программное обеспечение, при получении ПП по SaaS-модели заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты, ему не требуется инвестирование значительных средств в приобретение прикладной программы и необходимых программно-платформенных и аппаратных средств для развертывания и поддержки работоспособности продукта. С точки зрения разработчика SaaS-модель позволяет эффективно бороться с нелегальным использованием программного обеспечения, поскольку оно как таковое не попадает к заказчику. Кроме того, модель SaaS позволяет уменьшить затраты на развертывание и внедрение систем технической поддержки продукта и пользователей.

В условиях рыночной экономики программные продукты, являясь объектом авторских прав, выступают в виде принципиально новых инновационных продуктов, вовлечение которых в хозяйственный оборот происходит в процессе коммерциализации (купли-продажи, переуступки прав собственности) и

² Software as a service (авнгл.) — программное обеспечение как услуга; также software on demand (англ.) — программное обеспечение по требованию.

капитализации (постановки на баланс, инвестирования в уставной капитал). При этом программный продукт представляет собой интеллектуальный цифровой товар, обладающий рядом специфических особенностей, которые можно разделить на две группы [3]:

1) характеристики программного продукта как объекта интеллектуальной собственности:

- нематериальная природа существования ПП;
- возможность обмена ПП без его полного отчуждения;
- возможность неоднократной продажи ПП, способность одновременно выступать объектом нескольких рыночных сделок;
- сохранение всех потребительских свойств в процессе использования;

2) характеристики программного продукта как объекта промышленного производства, предназначенного для продажи:

- ПП как товар представляет собой публикацию текста программы/программ на языке программирования или в виде исполняемого кода, зафиксированного на материальном носителе (компьютере, дисковом накопителе и др.), который может быть продан или передан, при этом обладание материальным носителем не делает его владельца уникальным собственником;
- неизбежность постоянных изменений функционала, сроков разработки и затрат при создании ПП, обусловленная отсутствием у потенциальных потребителей четко сформулированных требований к продукту и слабым представлением о технологии его использования в практической деятельности;
- необходимость адаптации стандартов на процессы жизненного цикла ПП к конкретным условиям, ввиду того что в существующих документах по регламентации данного вида деятельности процессы ЖЦ разработки ПП описаны в общем виде и прямо не ориентированы на специфику создаваемого продукта;
- невысокие затраты на изготовление (тиражирование) ПП в структуре его стоимости, обусловленные низкой стоимостью производственных операций по созданию копий и высокой стоимостью разработки ПП, в которой основную часть составляют затраты на оплату труда относительно небольшой группы специалистов;

- наличие повышенного риска разработки, поскольку, являясь результатом интеллектуальной деятельности, ПП создается в условиях, не поддающихся точному оцениванию ни по времени создания, ни по требуемому бюджету;

- вовлечение ПП в хозяйственный оборот происходит в процессе его коммерциализации (купли-продажи, переуступки прав собственности) и капитализации (постановки на баланс, инвестирования в уставной капитал).

Перечисленные особенности позволяют отнести деятельность по управлению процессами разработки ПП к высокорискованному бизнесу. Поэтому для коллектива разработчиков, планирующего выйти на рынок, вопросы управления рисками на всех этапах жизненного цикла программного продукта являются ключевыми.

Жизненный цикл вывода на рынок нового программного продукта

Множество мероприятий (работ) по созданию программного продукта и их взаимосвязей рассматривается как жизненный цикл разработки ПП, под которым будем понимать упорядоченную совокупность различных видов деятельности разработчиков, охватывающих весь период существования ПП с момента возникновения потребности в продукте (либо идеи его создания) до полного прекращения его использования: установление требований, разработку, эксплуатацию и сопровождение ПП.

С учетом введенного определения жизненный цикл разработки нового программного продукта представляет собой специфический технологический процесс преобразования исходных пожеланий и требований потенциальных потребителей в готовый программный продукт. Состав и содержание технологического процесса разработки нового ПП регламентируется внешними и внутренними стандартами.

Внутренние нормативные документы определяют содержание бизнес-процессов предметной области потенциального потребителя ПП и регламентируют содержание процессов жизненного цикла разработки и качество ПП (рис. 1.1).

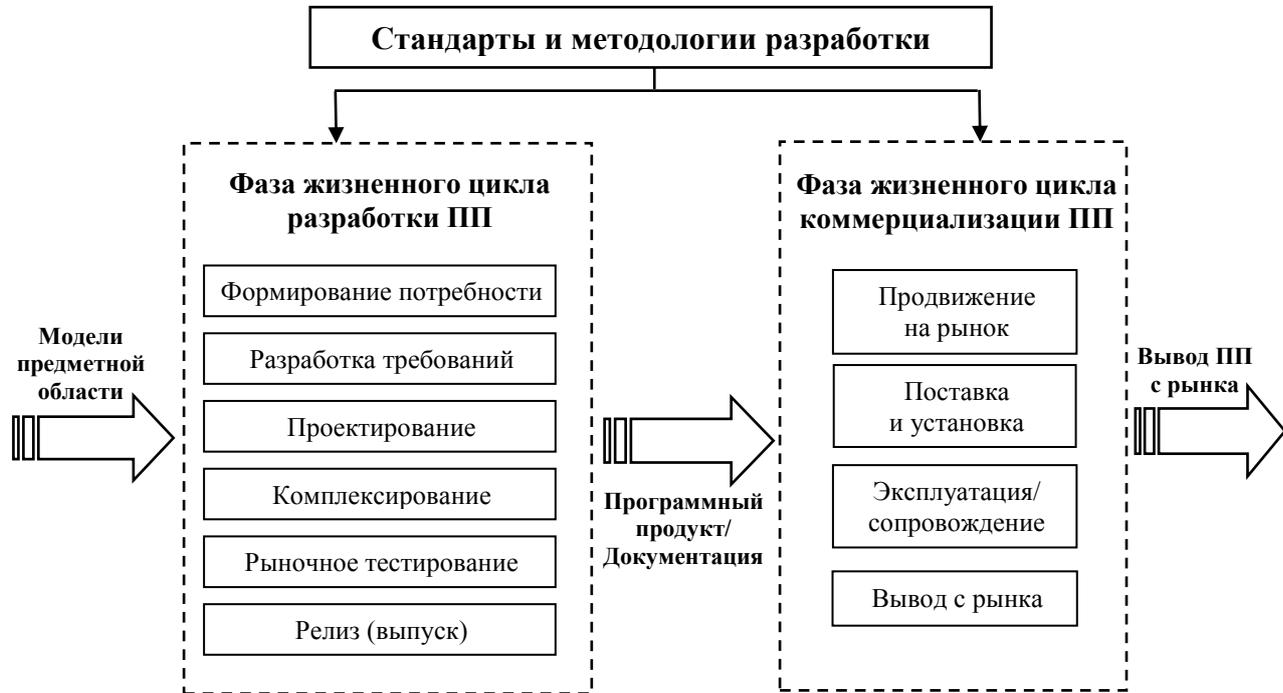


Рис. 1.1. Модель жизненного цикла разработки нового программного продукта

В формализованном виде предметная область описывается в виде упорядоченного набора моделей бизнес-процессов, адекватно отображающих деятельность потенциального потребителя по преобразованию исходных ресурсов в готовую продукцию и/или услугу. Для построения моделей бизнес-процессов используются, как правило, структурные и объектно-ориентированные методологии, такие как IDEF и UML.

В качестве внешних стандартов могут использоваться:

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств;
- IEEE-1074-1997. Процессы и действия жизненного цикла программного обеспечения (Developing software life cycle processes);
- Единая система программной документации (ЕСПД): ГОСТ 19.102-77 ЕСПД. Стадии разработки;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910-2002. Процесс создания документации пользователя программного средства;
- ГОСТ Р ИСО 9127-94. Документация пользователя и информация на упаковке для потребительских программных пакетов;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 25040-2014. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Процесс оценки;
- СММ — Capability Maturity Model (Модель зрелости процесса конструирования ПО) и т. д.

Фаза жизненного цикла разработки программного продукта включает последовательность стадий разработки, представленных на рис. 1.1.

Стадия определения потребности потенциальных пользователей в программном продукте. На основе анализа содержания бизнес-процессов, потребностей и желаний потенциальных пользователей, продуктов конкурентов, успешных проектов и опыта команды разработчиков разрабатывается концепция программного продукта, с которым компания желает выйти на рынок.

Концепция программного продукта создается в виде некоторого структурированного описания нового ПП. Разработка концепции должна начинаться с выявления множества потенциальных потребителей. В концепции содержится:

- описание функциональности ПП;
- способы оказания услуг, отвечающих их запросам пользователей продукта;
- условия лицензирования, технической поддержки, гарантийного обслуживания продукта.

Кроме того, в концепции нужно показать:

- необходимость или потребность в будущем ПП;
- основные потребительские свойства нового ПП;
- особенности продвижения ПП и сроки его вывода на рынок;
- возможные каналы сбыта,

После вышеназванных позиций концепции определить ключевые ресурсы, виды деятельности, потенциальных партнеров и структуру издержек. В итоге на основе концепции разрабатываются отдельные разделы бизнес-плана.

Основная задача **стадии формулирования и спецификации требований** состоит в определении функционала ПП, способов его интеграции в существующие бизнес-процессы, ориентированных затрат на реализацию требований. Для разработки требований используются материалы концепции проекта.

С будущими пользователями продукта (инициативной группой) проводится предварительная работа с целью последующего анализа и спецификации требований группа привлеченных экспертов. Эта стадия обычно включает несколько этапов [4]:

1) сбор пользовательских историй посредством общения с потенциальными потребителями. Пользовательская история — это вариант использования будущего продукта в конкретной ситуации с целью достижения измеримого результата;

2) поиск базовых вариантов использования ПП на основе выделения наиболее общих сценариев пользовательских историй;

3) формирование требований из всех уникальных базовых вариантов использования. В результате этой работы должен быть получен список требований, расставленный по приоритетам;

4) экспертную оценку необходимых ресурсов и сроков реализации каждого требования, которая позволит сформировать этапы реализации продукта;

5) экспертизу требований к функциональным и нефункциональным возможностям, заложенным в концепции продукта, определение соответствия требований выбранной операционной среде продукта, надежности, производительности, условиям эксплуатации и т. д.

На основании требований к ПП разрабатывается подробное техническое задание (ТЗ). Именно этот документ будет определять технические спецификации ПП, его функциональность и требования к эксплуатационным характеристикам.

Стадию проектирования программных продуктов необходимо рассматривать как деятельность, результат которой содержит две составные части:

1) архитектурный, или высокоуровневый дизайн (software architectural design, top-level design) — описание высокоуровневой структуры и организации компонентов системы;

2) детализированную архитектуру (software detailed design) — описание каждого компонента в объеме, необходимом для конструирования.

Процесс проектирования архитектурного или высокоуровневого дизайна включает следующие виды деятельности:

- разработку и документальное оформление архитектуры ПП, описывающей верхний уровень его структуры и идентифицирующей все программные компоненты последующих уровней;
- разработку и документальное оформление проекта верхнего уровня для внешних интерфейсов программного продукта и его интерфейсов с программными компонентами;
- разработку и документальное оформление проекта верхнего уровня для базы данных;
- разработку и документальное оформление предварительных версий пользовательской документации; определение и до-

кументирование требований к предварительному тестированию, и графику работ по комплексированию программных компонентов и программного продукта в целом.

К ключевым вопросам детализированного проектирования относятся декомпозиция архитектуры на функциональные компоненты для независимого и параллельного их выполнения, принципы и механизмы их взаимодействия между собой, обеспечение качества и живучести программного обеспечения в целом.

Стадия конструирования включает разработку исполняемых программных модулей посредством комбинации кодирования, верификации, модульного тестирования, интеграционного тестирования и отладки, а также разработку технической документации. Хотя ряд операций по проектированию детального дизайна может проводиться до стадии конструирования, большой объем такого рода проектных работ происходит параллельно с конструированием или как его часть.

Границы между проектированием, конструированием и тестированием определить достаточно сложно, так как все они связаны в единый комплекс процессов жизненного цикла, и в зависимости от выбранной модели разработки цикла и применяемых методов (методологий) такое разделение может выглядеть по-разному.

Процессы конструирования должны проводиться с учетом требований внешних и внутренних стандартов. Внешние стандарты создаются российскими и международными организациями по стандартизации процессов ЖЦ создания ПП, программных платформ, языков программирования, операционных сред, систем управления базами данных, программно-технических интерфейсов и т. д. Внутренние поддерживают координацию между определенными видами деятельности, проектными группами и т. д.

Стадия рыночного тестирования и релиза (выпуска) включает процессы рыночного тестирования, характерные для нового продукта, и оценки его готовности к выпуску.

Проверка программного продукта осуществляется в два этапа:

1) альфа-тестирование (внутреннее тестирование) — этап начала тестирования ПП, выполняемого обычно специалистами-тестерами, а не разработчиками продукта, но, как правило, внутри

организации или сообщества, разрабатывающего продукт. Цель данного этапа — проверка достижения необходимого качества функционирования ПП. Чаще всего альфа-тестирование проводится на ранних стадиях процесса разработки ПП, но в некоторых случаях может применяться для законченного продукта в качестве внутреннего приёмочного тестирования;

2) бета-тестирование (публичное тестирование) — этап привлечения потенциальных пользователей продукта для апробации программного продукта. Целью данного этапа является оценка качества ПП и получение информации о продукте от его будущих пользователей.

После устранения выявленных в процессе тестирования недочетов осуществляется релиз — выпуск окончательной версии ПП, готового для использования и тиражирования.

Фаза ЖЦ разработки заканчивается получением программного продукта, снабженного необходимой технической документацией, виды которой определены в ГОСТе 19.102-77 «Единая система программной документации» [5]:

- ведомость эксплуатационных документов;
- описание применения;
- исходный текст ПП;
- руководство системного программиста;
- руководство программиста;
- руководство пользователя;
- руководство по техническому обслуживанию.

Фаза коммерциализации программного продукта начинается с разработки программы продвижения и организации на ее базе рекламной компании.

Разработка программы продвижения представляет собой процессы формирования целей маркетинговых коммуникаций, сегментирования рынка потенциальных потребителей ПП и выделения целевых сегментов, выбора стратегии позиционирования и комплекса маркетинговых коммуникаций с потенциальными потребителями, обеспечивающих достижение коммуникационных, и как следствие, маркетинговых целей компании. Результатом этих процессов являются плановые решения, осно-

ванные на предположениях о будущих вероятных показателях, и система согласованных по срокам и ресурсам мероприятий по достижению маркетинговой цели.

Стадия поставки и установки включает процессы инсталляции ПП на программно-технических средствах пользователей, обучения пользователей, проведения опытной эксплуатации ПП, в ходе которой на реальных данных определяется соответствие спроектированного ПП требованиям и потребностям заказчика в условиях конкретного применения.

Результаты опытной эксплуатации должны подтвердить, что ПП полностью удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям, которые включают следующие условия: непротиворечивость требований; соответствие выбранных параметров условиям технического задания; адекватность стандартам и процедурам разработки; соответствие проектным спецификациям и требованиям; тестируемость и корректность кода; корректность комплексования; качество и полнота документации.

Стадия ввода в эксплуатацию и сопровождения ПП начинается с первой продажи, установки и документального подтверждения начала использования программного продукта. Планирование процесса эксплуатации ПП включает:

- определение сроков поставки и установки оборудования;
- формирование команды, реализующей эксплуатацию и сопровождение ПП;
- определение возможного количества первоначальных пользователей и их обучение в случае необходимости;
- выявление и документирование возникающих проблем и запросов пользователей;
- организацию системы обратной связи для реагирования на запросы пользователей в режиме «горячей линии»

План этапа эксплуатации должен быть проанализирован на предмет непротиворечивости планам этапов других стадий ЖЦ. Стадия эксплуатации продолжается до полного изъятия продукта из процесса использования, что связано со спецификой программного продукта.

Согласно стандарту IEEE-90 под сопровождением ПП понимается внесение изменений в ПП в целях исправления обнаруженных ошибок, повышения производительности продукта и адаптации к изменившимся условиям работы или требованиям [6].

При сопровождении контролируется работа программного продукта, анализируются выявленные в ходе его эксплуатации проблемы, предпринимаются предупреждающие и корректирующие действия. Стадия сопровождения может включать внедрение продукта на аппаратных средствах заказчика, в случае если процедура установки ПП трудозатратна, требует специфических знаний и навыков и может быть выполнена только сотрудниками компании-разработчика либо третьей стороной.

При необходимости на данном этапе проводится обучение и переподготовка персонала, осуществляется регулярное консультирование пользователей. Сопровождение составляет большую часть ЖЦ ПП, если речь идет о времени и усилиях. По оценке Stephen R. Schach (*Object-Oriented and Classical Software Engineering*, 2011) около 67 % времени ЖЦ приходится на сопровождение ПП [7].

Сопровождение включает три различных процесса:

1) поддержку эксплуатации (*housekeeping*), связанную с рутинными задачами сопровождения, необходимыми для поддержания продукта в работоспособном состоянии;

2) адаптивное сопровождение (*adaptive maintenance*), связанное с отслеживанием и анализом работы продукта, доработкой его функциональных возможностей применительно к изменениям внешней среды и адаптацией продукта для достижения заданных характеристик;

3) улучшающее сопровождение (*perfective maintenance*), заключающееся в перепроектировании и модификации продукта для удовлетворения новых или существенно изменившихся требований.

Модификация продукта нацелена на улучшение как функциональных, так и нефункциональных характеристик ПП. Придавая продукту новые свойства, компания зарабатывает репутацию инноватора и закрепляет лояльность целевых сегментов, для которых данные свойства считаются важными. Основной недоста-

ток стратегии улучшения свойств заключается в том, что новые свойства легко копируются конкурентами, и если компания не будет постоянно стремиться к лидерству, одноразовая модификация продукта вряд ли окупится в долгосрочной перспективе.

На стадии вывода программного продукта из эксплуатации прекращаются процессы сопровождения ПП, проводится изъятие из эксплуатации программного продукта и связанных с ним программных подсистем. Все связанные с выводимым из эксплуатации программным продуктом подсистемы, документы и данные должны быть помещены в архивы.

При планировании фазы вывода из эксплуатации необходимо определить сроки вывода продукта из эксплуатации, способы информирования пользователей, процедуру вывода продукта из эксплуатации, наличие других продуктов, которые можно предложить пользователю взамен выводимого из эксплуатации.

Оценка качества программного продукта

Оценку качества программного продукта следует рассматривать с двух точек зрения:

- 1) обеспечения качества выполнения функциональных и нефункциональных требований создаваемого ПП;
- 2) обеспечения качества организации процессов управления программными проектами.

В первом случае для оценки качества можно использовать ГОСТ Р ИСО/МЭК 25040-2014 «Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Процесс оценки». В документе для оценки качества ПП выделяются шесть характеристик [8]:

- 1) функциональность;
- 2) надежность;
- 3) удобство использования;
- 4) эффективность;
- 5) практичность в обслуживании;
- 6) мобильность.

Описание атрибутов некоторых характеристик приводится на рис. 1.2.

Функциональность — набор атрибутов, относящихся к оценке реализуемых в ПП функций и их конкретным свойствам (установленные или предполагаемые потребности).



Рис. 1.2. Характеристики качества программного продукта

В набор атрибутов, раскрывающих функциональность программного продукта, входят:

пригодность — атрибут, относящийся к наличию и соответствию набора функций конкретных задач;

соответствие требованиям — атрибуты, относящиеся к обеспечению соответствия результатов или эффектов;

способность к взаимодействию — атрибуты, относящиеся к способности ПП взаимодействовать с внешними системами;

согласованность — атрибуты, обязывающие разработчиков придерживаться соответствующих стандартов или соглашений, или положений законов, или подобных рекомендаций;

защищенность — атрибуты, относящиеся к способности ПП предотвращать несанкционированный доступ, случайный или преднамеренный, к программам и данным.

Надежность — набор атрибутов, относящихся к способности ПП сохранять качества функционирования при установленных условиях за установленный период времени:

стабильность — атрибуты, относящиеся к частоте отказов при ошибках в программе;

устойчивость к ошибкам — атрибуты, относящиеся к способности ПП поддерживать определенный уровень качества функционирования в случаях программных ошибок или нарушения определенного интерфейса;

восстанавливаемость — атрибуты, относящиеся к возможности восстанавливать уровень качества функционирования и данные, непосредственно поврежденные в случае отказа, а также ко времени и усилиям, необходимым для этого.

Эффективность — набор атрибутов, относящихся к соотношению между уровнем качества функционирования ПП и объемом используемых ресурсов при установленных условиях:

временная экономичность — атрибуты, относящиеся к временам отклика и обработки и скоростям выполнения его функций;

ресурсная экономичность — атрибуты, относящиеся к объему используемых ресурсов и продолжительности такого использования при выполнении функции.

1.2. Стандартизация деятельности по управлению проектами

Специфика программного проекта

Классическая теория управления проектами основана на двух базовых понятиях: «продукт» как результат проектной деятельности и «проект» как совокупность этапов, действий, работ по получению этого результата, оформленного в виде специального документа (устав, концепция, бизнес-план). Правила и требования проектного управления изложены в соответствующих стандартах, обобщающих опыт работы многих коллективов.

В литературе приводятся различные определения проекта:

1) **проект** — временное предприятие, предназначенное для создания уникальных продуктов, услуг или результатов [9, 10];

2) **проект** — комплекс уникальных действий, не опирающийся на организационную структуру, имеющий определенные даты начала и окончания, расписание, стоимость и технические задачи [11];

3) **проект** — комплекс взаимосвязанных действий, предпринимаемых с целью получения уникальных конкретных результатов при заданных ограничениях по времени, денежным средствам, ресурсам и качеству конечных результатов проекта [12];

4) **проект** — произвольный ряд действий или задач, имеющих определенную цель, которая будет достигнута в рамках выполнения некоторых заданий, характеризующихся определенными датами начала и окончания, пределами финансирования и ресурсами [13];

5) **проект** — временное усилие, применяемое для того, чтобы создать уникальный продукт или услугу с определенной датой начала и окончания действия, отличающегося от продолжающихся, повторных действий и требующего прогрессивного совершенствования характеристик [13].

Анализ представленных определений позволяет выделить следующие специфические характеристики проекта:

- направленность проекта на достижение конкретного конечного результата, определяемого в терминах требуемых ресурсов, качества и времени реализации;

- уникальность проекта как разового (неповторяющегося) мероприятия, требующего специфической организации управления;
- ограниченность проекта по времени и ресурсам (финансовым, трудовым, материальным) и, как следствие, необходимость нахождения постоянного компромисса между объемом работ, ресурсами, временем и качеством;
- структурную сложность проекта как комплекса взаимосвязанных мероприятий, имеющих определенную цель, и его высокую неопределенность, обусловленную возможными изменениями условий реализации, потребностями в тех или иных видах ресурсов.

На основе вышеизложенного **проектная деятельность ИТ-компании** определяется как комплекс требующих специфического управления взаимосвязанных работ, выполняемых командой проекта с целью получения уникального программного продукта или услуги в течение заданного периода при установленном бюджете и выделенных для реализации проекта ресурсах.

Цели проектной деятельности следует определять в виде желаемого результата, достигаемого командой проекта при его успешной реализации. Формулирование желаемого результата программного проекта должно отражать конкретные бизнес-цели с учетом **правила «железного треугольника»** (рис. 1.3) [10].



Рис. 1.3. «Железный треугольник» ограничений проекта

Ни один из углов треугольника не может быть изменен без изменения других: например, чтобы уменьшить время, потребуются увеличить бюджет и/или сократить содержание.

С учетом наличия рыночной конкуренции к трем основным характеристикам «железного треугольника» следует добавить

четвертую — **приемлемое качество**, которое определяется в виде совокупности нефункциональных требований к ПП (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Возможные варианты «железного треугольника»

В этом случае **желаемый результат программного проекта** можно сформулировать следующим образом: проект должен быть реализован в нормативные сроки без превышения планового бюджета с заданными заказчиком функциональными и нефункциональными требованиями.

Ограничения и **допущения** как неотъемлемая часть проекта сокращают возможности проектной команды в выборе решений по его реализации. В частности, **ограничения** могут содержать следующие требования: обязательная сертификация продукта, услуги; использование конкретной заданной программно-аппаратной платформы; специфические требования к защите информации. **Допущения** — события или действия, принимаемые как абсолютная истина. Например, рассматривая проект по схеме с фиксированной ценой, можно записать в допущении предположение о том, что стоимость лицензий на программное обеспечение (ПО), приобретаемое на стороне, не изменится до завершения проекта. Допущения проекта должны быть оформлены документально и заранее доведены до сведения заказчика.

Оптимальный вариант реализации программного проекта состоит в нахождении баланса, приемлемого для всех сторон, связанных с проектом: заказчиков, которым нужна определенная функциональность в конкретные сроки при имеющемся бюджете; исполнителей, которые обладают бюджетом, достаточным для реализации проекта в заданные сроки с расчетным уровнем трудоемкости проекта и соответствующим уровнем качества.

Проект считается успешным, если он выполнен в срок в соответствии со спецификациями функциональных и нефункциональных требований в пределах запланированного бюджета. Проект должен быть закрыт, если будет обнаружено, что достижение цели невозможно или стало нецелесообразным (например, если реальные затраты на проект будут превосходить будущие доходы от его реализации).

Оценка качества управления проектами

Для организации постоянного мониторинга за ходом реализации проекта и оценки качества процессов управления существует множество стандартов. Одним из таких стандартов является международный стандарт СММ (Capability Maturity Model for Software — «Модель зрелости процессов разработки программного обеспечения») [14], используя который компания-разработчик может самостоятельно оценивать качество организации проектной деятельности.

В стандарте определено *пять уровней технологической зрелости*, по которым компания-разработчик может оценивать и совершенствовать процессы управления программными проектами. Каждый уровень технологической зрелости соответствует определенному этапу развития компании по управлению и непрерывному совершенствованию процесса разработки ПП:

1) *начальный уровень*. Технология управления разработкой ПП характеризуется как произвольная, пригодная только для некоторых случаев, скорее — даже хаотическая. Лишь некоторые процессы ЖЦ определены, успех проекта в основном зависит от компетенции отдельных сотрудников;

2) *повторяемый уровень*. Базовые процессы управления программным проектом определены и позволяют отслеживать затраты, график работы и функциональности программного продукта. Соблюдается необходимый порядок выполнения процессов и обеспечивается возможность повторения достижений, полученных ранее при выполнении подобных проектов;

3) *определенный уровень*. Базовые, вспомогательные и организационные процессы документированы, стандартизованы и интегрированы в унифицированную для данной компании тех-

нологию управления программными проектами, которая и используется при разработке ПП;

4) *управляемый уровень*. Управление всеми процессами по разработке ПП осуществляется по количественным оценкам. Детальные и объективные показатели о качестве исполнения процессов разработки ПП и характеристики самого продукта в соответствии с регламентом процессов разработки собираются и накапливаются;

5) *оптимизируемый уровень*. Совершенствование процессов разработки ПП осуществляется непрерывно как на основе количественного анализа эффективности процессов, так и использования инновационных методов и технологий.

Модель СММ не содержит никаких численных критериев оценки, рекомендаций и не указывает, как конкретно оценить продукт, а лишь показывает, что надо сделать для достижения требуемого качества программного обеспечения. Модель СММ содержит также способы контроля за правильностью выполнения ключевых действий и методы их корректировки

Стандарты управления рисками проектов

Перечисленные в подразд. 1.1 особенности программного продукта как объекта интеллектуальной деятельности позволяют утверждать, что процесс разработки ПП происходит в условиях неопределенности и объективно требует проведения мероприятий по выявлению и оценке возможных рисков, которые могут возникнуть в процессе реализации программного проекта и негативно повлиять на степень достижения целей проекта.

Множество нормативных документов, регулирующих процессы риск-менеджмента, можно условно разделить на три группы:

1) стандарты управления проектами, в которых управление рисками рассматривается как один из регламентируемых процессов;

2) стандарты управления качеством проектного управления и качеством программных продуктов;

3) стандарты, регулирующие непосредственно процесс риск-менеджмента.

Стандарты управления проектами (первая группа), в которых процесс управления рисками рассматривается как регламентированный, представлены на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Группа стандартов управления рисками проектов

Основополагающим документом стандартов первой группы, регламентирующим процессы проектного управления, является «Свод знаний по управлению проектами» — так называемый **стандарт PMBOK (Project Management Body of Knowledge)**, разработанный Институтом управления проектами (Project Management Institute — PMI) в 2000 году.

Последняя версия «The Guide³ to the PMBOK 6-th Edition» вышла в 2017 году [10]. Стандарт, первоначально принятый в качестве Национального стандарта Америки (ANS) Американским национальным институтом стандартов (ANSI), в настоящее время нашел широкое применение во многих странах в различных сферах деятельности. Данный документ содержит обобщенные принципы и подходы, используемые в области проект-

³ guide (англ.) — руководство, путеводитель, ориентир.

ного менеджмента, формализованные и структурированные таким образом, чтобы их можно было использовать в большинстве проектов независимо от конкретного применения.

В стандарте представлено описание десяти областей знаний, которые используются менеджером проекта при определении содержания соответствующих этапов жизненного цикла проекта:

1) управление интеграцией проекта (Project Integration Management);

2) управление содержанием проекта (Project Scope Management);

3) управление сроками проекта (Project Time Management);

4) управление стоимостью проекта (Project Cost Management);

5) управление качеством проекта (Project Quality Management);

6) управление человеческими ресурсами проекта (Project Human Resource Management);

7) управление коммуникациями проекта (Project Communications Management);

8) управление рисками проекта (Project Risk Management);

9) управление закупками проекта (Project Procurement Management);

10) управление заинтересованными сторонами проекта (Project Stakeholder Management).

В соответствии с РМВОК предлагается рассматривать проектный риск с трех точек зрения [10]:

1) риск как возможность угрозы бизнесу;

2) риск как негативное событие, не позволяющее достичь в полной мере цели проекта;

3) риск как неопределенность между возникающими неблагоприятными ситуациями и возможными действиями по их устранению.

Глоссарий документа определяет основные термины, относящиеся к управлению рисками проекта:

вторичный риск — риск, возникающий в результате реагирования на риски;

идентификация рисков — процесс определения перечня рисков, которые могут воздействовать на проект, и документирования их характеристик;

иерархическая структура рисков — иерархическое представление рисков согласно категориям рисков;

категория риска — группа потенциальных источников риска;

качественный анализ рисков — процесс расстановки приоритетов в отношении рисков для их дальнейшего анализа, выполняемый путем оценки и сопоставления их воздействия и вероятности возникновения;

количественный анализ рисков — процесс вычисления численных характеристик воздействия идентифицированных рисков на цели проекта в целом;

контроль рисков — процесс применения планов реагирования на риски, отслеживания идентифицированных рисков, мониторинга остаточных и выявления новых рисков, оценка результативности процесса управления рисками на протяжении всего проекта;

остаточный риск — риск, оставшийся после реагирования на риски;

план управления рисками — компонент плана управления проектом, программой или портфелем проектов, описывающий характер структурирования операций по управлению рисками и порядок их выполнения;

порог риска — измерение уровня неопределенности или уровня воздействия, к которому заинтересованная сторона может проявлять определенный интерес. Ниже этого порога риска организация примет риск; выше — организация не примет риск;

реестр рисков — документ, содержащий результаты анализа рисков и планирования реагирования на риски;

риск — неопределенное событие или условие, наступление которого отрицательно или положительно сказывается на целях проекта;

склонность к риску — степень неопределенности, которую хочет принять субъект в предвкушении вознаграждения;

толерантность к риску — степень, количество или объем риска, который организация или лицо могут выдержать.

Процесс управления рисками проекта (Project Risk Management) представлен как выполнение последовательности этапов:

- 1) планирование управления рисками,
- 2) идентификация рисков,
- 3) качественный анализ рисков,

- 4) количественный анализ рисков,
- 5) планирование реагирования на риски, контроль рисков.

В стандарте BS 6079-1:2010 «Project management. Principles and guidelines for the management of projects», разработанном Британским институтом стандартов, в третьей части «Part 3: Guide to the management of business related project risk» (BS 6079-3:2000) [15] регламентируются действия топ-менеджеров, менеджеров проекта и менеджеров подпроектов по выявлению и контролю связанных с бизнесом рисков, возникающих при осуществлении проектов.

Нормативный документ определяет проект как основное средство продвижения бизнеса и рассматривает процесс управления рисками с трех точек зрения:

- 1) управление рисками на уровне бизнеса;
- 2) управление рисками на уровне проекта;
- 3) управление рисками на уровне подпроекта.

Управление рисками рассматривается как неотъемлемая часть эффективной практики управления. В стандарте отмечается, что положительные результаты его использования зависят не от простого следования описанным в стандарте шагам, а от опыта менеджеров, применяющих руководство.

В терминах и определениях документа риск описан как неопределенность, присущая планам, и как вероятность возникновения непредвиденных обстоятельств, которые могут повлиять на перспективы достижения целей бизнеса или проекта.

Последовательность бизнес-процессов по управлению рисками, рекомендуемая стандартом BS 6079-1:2010, представлена в виде следующих этапов [15]:

- 1) определение целей;
- 2) определение ограничений бизнеса и проекта;
- 3) выявление источников риска, определение возможных рисков и условий их возникновения;
- 4) классификация выявленных рисков;
- 5) подробное описание рисков (оценка вероятности наступления выявленных рисков, описание возможных последствий);
- 6) определение критериев оценивания рисков;
- 7) ранжирование выявленных рисков;

8) определение и оценка возможных вариантов решения проблем, построение плана реагирования на риски;

9) оценка вторичных рисков (рисков, которые могут появиться в процессе реализации плана реагирования на риски);

10) распределение обязанностей по реализации плана реагирования, выполнение мероприятий.

В справочных материалах стандарта перечислены методы, которые могут быть использованы на этапах идентификации, анализа и оценки рисков. В отличие от вышеупомянутых документов, стандарт вводит классификацию уровней принятия решений для управления рисками и определяет стратегический, тактический и оперативный уровни принятия решений. Достоинством данного документа является то, что стандарт четко определяет **алгоритм управления рисками на уровне проекта и подпроекта** в виде циклической последовательности шагов.

Шаг 1. Определение целей проекта. Риск-менеджер проекта получает, проверяет и уточняет цели проекта. Если цели проекта ясны, выполняется шаг 2, в противном случае следует выполнить шаг 5.

Шаг 2. Определение объема и границ проекта. Риск-менеджер проекта определяет контекст (среду), в которой должны быть достигнуты ранее установленные цели проекта. Если цели проекта не изменились, то следует выполнить шаг 3, в противном случае — шаг 5.

Шаг 3. Разработка стратегии управления рисками. Риск-менеджер проекта определяет стратегию управления рисками, которая должна обобщать принципы управления рисками, включать возможные способы реагирования на риски и определять для каждого выявленного риска лиц, способных повлиять на него. При этом сама стратегия управления рисками может повлиять на общие цели или определить другие цели в зависимости от так называемых вторичных рисков, связанных с обработкой первичных рисков. Если цели проекта после разработки стратегии управления рисками соответствуют бизнес-целям, то следует перейти к шагу 5. Иначе, следует перейти к шагу 4.

Шаг 4. Реализация стратегии управления рисками. После определения мероприятий по реагированию на выявленные риски

необходимо перейти к их выполнению. Все мероприятия должны контролироваться на предмет их эффективности, с тем чтобы принять соответствующие контрмеры или стимулирующие меры в случае, если стратегия управления рисками окажется неадекватной. Возможные методы анализа включают оценку эффективности, аудиты и проверки. Это позволит получить постоянную обратную связь в виде информации о наиболее эффективных видах деятельности по оценке и реагированию. Повторная оценка рисков и поиск новых должны проводиться на регулярной основе.

Шаг 5. Отчет об управлении рисками на вышестоящем уровне (уровне бизнеса или уровне проекта). Этот шаг управления рисками на уровне проектов и подпроектов выполняется при условии изменения или неясности целей проекта, при выявлении на уровне проекта или подпроекта таких рисков, повлиять на которые могут только руководители вышестоящего уровня. После выполнения этого шага рекомендуется вернуться на шаг 1.

Японский стандарт по управлению проектами P2M «A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation», разработанный Ассоциацией управления проектами Японии (The Project Management Association of Japan — PMAJ) [16], описывает 11 областей знаний управления проектами:

- 1) управление стратегией проекта (Project Strategy Management);
- 2) управление финансами проекта (Project Finance Management);
- 3) управление системами проекта (Project Systems Management);
- 4) управление организацией проекта (Project Organization Management);
- 5) управление целями проекта (Project Objectives Management);
- 6) управление ресурсами проекта (Project Resources Management);
- 7) управление рисками (Risk Management);
- 8) управление информационными технологиями проекта (Project Information Technology Management);
- 9) управление взаимоотношениями в проекте (Project Relationships Management);
- 10) управление стоимостью проекта (Project Value Management);
- 11) управление коммуникациями проекта (Project Communications Management).

В стандарте отмечается специфичность процесса управления рисками проектов, обусловленная историческими и культурными особенностями страны. Документ не дает точного определения риска. Необходимость управления рисками вытекает из двух предположений, выдвинутых в стандарте:

- 1) «проекты всегда влекут за собой неопределенность и риск»;
- 2) «с риском можно справиться».

Причинами такой неопределенности стандарт определяет политику и организационную среду структур, находящихся на более высоком уровне; изменения в социальной и стратегической политике при осуществлении проекта; технические и человеческие ресурсы; временные и экономические ограничения. Этапы процесса управления рисками по стандарту P2M представлены следующей последовательностью:

- 1) идентификация рисков;
- 2) анализ и оценка риска;
- 3) планирование противорисковых мероприятий;
- 4) оценка ситуации во время управления рисками (переоценка рисков, мониторинг, разработка мероприятий в течение процесса).

Таким образом, регламентирование процесса управления рисками в стандарте [16] содержит лишь описание основных этапов процесса и не определяет инструменты и методы их выполнения.

Стандарт «APM Body of Knowledge» («Свод знаний АРМ») [17] разработан Ассоциацией управления проектами Великобритании (Association for Project Management — АРМ), которой осуществляется и администрирование стандарта. Стандарт описывает 52 области знаний, сгруппированных по семи секциям:

- 1) управление проектами в контексте;
- 2) планирование стратегии;
- 3) реализация стратегии;
- 4) методы;
- 5) бизнес и коммерция;
- 6) организация и управление;
- 7) люди и профессия.

Документ является ключевой частью концепции «Пять измерений профессионализма». В стандарте отмечается, что управление рисками проектов — это структурированный процесс, по-

звolyающий управлять отдельными рисками и общим проектным риском, оптимизируя результаты проекта, минимизируя угрозы и максимизируя возможности. Стандарт рекомендует осуществлять управление рисками на протяжении всего жизненного цикла проекта, реализуя следующую процессную деятельность:

- определение границ и целей проекта;
- выявление и документирование рисков;
- оценку относительной значимости выявленных рисков с целью их дальнейшего ранжирования и определения совокупного влияния рисков на общий результат проекта;
- организацию мероприятий с целью предотвращения, сокращения, передачи или принятия угроз;
- реализацию и мониторинг процесса реагирования на риски на протяжении всего жизненного цикла проекта для поддержания осведомленности о текущей подверженности риску.

В документе отмечается, что управление рисками в рамках проекта не должно проводиться изолированно, для реализации эффективного управления необходимо взаимодействие с организацией, которое включает эскалацию рисков на уровне программ и портфелей, а также содействие оценке рисков бизнеса. Для получения подробной информации о процессе управления рисками в стандарте рекомендовано обратиться к литературе [18–25].

Стандарт DIN 69901 «Управление проектами. Операционный менеджмент. Описания и концепции» [26] разработан в Германии Deutsches Institut für Normung (DIN). Стандарт регламентирует процессный подход к управлению проектами.

Словарь терминов и определений, введенных в стандарте, предлагает формулировки основных понятий процесса управления рисками.

Вероятность (вероятность наступления) — мера для описания возможности возникновения риска.

Риск проекта — возможные отрицательные отклонения в ходе проекта по сравнению с плановыми показателями проекта; возникновение незапланированных или непредвиденных событий или обстоятельств (факторов риска). *Возможные типы рисков*: коммерческий, технический, политический, планирующий, ресурсный и экологический риски. Риск проекта определяется

количественно, как произведение степени ущерба и вероятности возникновения соответствующего риска.

Анализ рисков — процесс управления проектами, в котором идентифицируются и оцениваются риски проекта. Процесс включает оценку риска: количественную оценку вероятности возникновения и возможного размера ущерба для всех выявленных рисков и обсуждение факторов, не поддающихся количественной оценке.

Фактор риска — воздействие, события или обстоятельства, которые могут привести к возникновению риска.

Идентификация рисков — обзор всех факторов риска проекта, которые были определены как возможные.

Управление рисками — систематическое применение политики, процедур и практики управления с целью определения контекста, а также идентификации, анализа, оценки, мониторинга и передачи рисков.

План реагирования на риск — реализация превентивных или корректирующих мероприятий, которые предотвращают риски.

В стандарте рекомендовано распределять управление рисками по шести процессам:

1) определение рисков (анализ основных факторов риска, связанных с рисками проекта);

2) анализ среды проекта / заинтересованных сторон проекта (выявление всех возможных воздействий на проект и анализ их влияния на цели проекта);

3) оценка осуществимости (оценивание принятых для реализации проекта решений с учетом выявленных рисков);

4) анализ рисков (идентификация и оценка потенциальных рисков, критерии оценки которых основываются на политике риска, принятой в организации; при этом рекомендуется учитывать максимально широкий спектр влияющих на риски факторов);

5) планирование реагирования на риски (определение необходимых мер, уменьшающих вероятность возникновения риска или ущерба, причиненного им);

6) контроль рисков (выявление новых рисков и переоценка существующих, соответствующее информирование управляющих органов более высокого уровня).

Методология PRINCE2 (PROjects **I**N **C**ontrolled **E**nvironments **2**) [27] — методология управления проектами, одобренная правительством Великобритании в качестве стандарта управления проектами, в котором описываются подходы к менеджменту, контролю и организации проектов. Словарь терминов методологии содержит определения, связанные с процессом управления рисками.

«Аппетит» к рискам — уникальное отношение организации к принятию рисков, определяющее, в свою очередь, объем рисков, который считается приемлемым.

Близость (риска) — фактор времени для риска. Серьезность воздействия риска может меняться в зависимости от того, когда он наступит.

Вероятность — оцененная вероятность того, что конкретная угроза или возможность действительно осуществятся, включая рассмотрение частоты, с которой они могут происходить.

Владелец риска — определенное лицо, которое отвечает за управление, отслеживание и контроль всех аспектов определенного риска, переданного под его ответственность, включая внедрение выбранных способов реагирования на угрозы.

Внутренний риск — угроза, вытекающая из определенного риска и возникшая до осуществления каких-либо действий, предпринятых с целью его устранения.

Воздействие (риска) — результат конкретной угрозы, реализованной возможности или ожидание такого результата.

Допуск по риску — предельные уровни воздействия рисков, при превышении которых необходимо создать отчет об исключении, для того чтобы привлечь к ситуации внимание управляющего совета проекта. Допуск по риску документируется в стратегии управления рисками.

Категория ответа на риск — избежать, уменьшить, передать, принять или разделить с кем-то.

Линия допустимости рисков — уровень, прописанный в профиле рисков. Риск, который находится выше этой линии, не может быть принят без сообщения о нем вышестоящему руководству. В этом случае менеджер проекта должен сообщать о таких рисках управляющему совету проекта.

Лицо, ответственное за действия в случае риска — лицо, принимающее ответственность за действия по обращению с риском, в случае если такие действия не входят в явной форме в круг обязанностей владельца риска; в этой ситуации назначается ответственный за действия по обращению с риском, который должен информировать владельца риска о ситуации.

Общая оценка риска — процесс понимания общего воздействия определенных угроз и возможностей на операцию при их объединении.

Остаточный риск — риск, остающийся после того, как был дан ответ на риск.

Ответ на риск — предпринимаемые действия по доведению ситуации до уровня, на котором воздействие риска будет приемлемым для организации.

Оценка отдельного риска — оценка вероятности возникновения и воздействия отдельного риска с учетом предварительно определенных стандартов, уровня приемлемых рисков, взаимозависимостей и других соответствующих факторов.

Профиль риска — описание типов рисков, с которыми сталкивается организация, и их воздействие на нее.

Реестр рисков — запись определенных рисков, относящихся к проекту, включая их статус и историю.

Риск — неопределенное событие или несколько событий, которые в случае их наступления окажут влияние на достижение целей. Риск измеряется сочетанием вероятности наступления угрозы и размера их воздействия на цели.

Стратегия управления рисками — описание цели управления рисками, применяемых процедур, ролей и обязанностей, допусков по рискам, временных параметров вмешательства, инструментов и техники, которые будут использоваться, а также требования к отчетности.

Управление рисками — систематическое применение принципов, подходов и процессов, представленных в методологии, в целях определения и оценки рисков с последующим планированием и внедрением ответов на риски.

Методология содержит подробное описание содержания пяти этапов управления рисками:

- 1) идентификация рисков;
- 2) оценка рисков;
- 3) планирование,
- 4) реализация плана;
- 5) мониторинг.

Кроме того, в методологии приводится большое количество примеров; описание методов, которые могут быть использованы в управлении рисками; описание структуры документов, рекомендованных для поддержки документооборота процессов.

Стандарты управления качеством проектного управления и качеством программных продуктов (вторая группа) представлены следующими документами (рис. 1.6):

1) ГОСТ Р ИСО 21500-2014. Руководство по проектному менеджменту;

2) ГОСТ Р 54869-2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектами;

3) ГОСТ Р ИСО 10006-2005. Системы менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании;

4) ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов;

5) ГОСТ Р ИСО/МЭК 25040-2014. Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Процесс оценки;

6) ГОСТ Р ИСО/МЭК 25041-2014. Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Руководство по оценке для разработчиков, приобретателей и независимых оценщиков;

7) ГОСТ Р ИСО/МЭК 25051-2017. Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Требования к качеству готового к использованию программного продукта (RUSP) и инструкции по тестированию;

8) ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология (ИТ). Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств.



Рис. 1.6. Группа стандартов управления качеством

ГОСТ Р ИСО 21500-2014 «Руководство по проектному менеджменту» [28] содержит общие рекомендации, основные понятия и характеристики процессов проектного управления. Определение термина «риск» в стандарте отсутствует, однако описывается термин «реестр рисков». При описании проектных ограничений вводится понятие допустимого уровня риска проекта.

Стандарт классифицирует риски как предмет управления, регламентирует процесс управления рисками, описывает входы и выходы каждого процесса (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Основные входы-выходы процесса управления рисками

Процесс	Входы	Выходы
Идентификация рисков	Планы проекта	Реестр рисков
Оценка рисков	Реестр рисков Планы проекта	Ранжированные риски
Реагирование на риски	Реестр рисков Планы проекта	Реагирование на риски Запросы на изменения
Управление рисками	Реестр рисков Информация о выполнении работ Планы проекта Меры реагирования на риски	Запросы на изменения Корректирующие действия

ГОСТ Р 54869-2011 «Проектный менеджмент. Требования к управлению проектами» [29] классифицирует управление рисками проекта как процесс, относящийся к группе процессов планирования, и определяет цель процесса как определение основных рисков проекта и порядка работы с ними.

Выходы процесса планирования реагирования на риски определены в стандарте следующим образом:

- выявление и документирование рисков проекта;
- проведение оценки и ранжирования по вероятности и степени влияния на результат проекта всех идентифицированных рисков;
- разработка мероприятий по изменению вероятности и степени влияния наиболее значимых рисков, а также создание планов реагирования на случаи возникновения таких рисков;
- учет результатов разработки упреждающих мероприятий по реагированию на риски в связанных с ними планах.

ГОСТ Р ИСО 10006-2005 «Системы менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании» [30] является переводом стандарта «Quality management systems. Guidelines for quality management in projects (IDT)» [31].

В стандарте выделены группы процессов, связанных с риском:

- идентификация риска;
- оценка риска;
- обработка риска;
- контроль риска).

Определены цели выделенных процессов, представлено их смысловое содержание. Стандарт не содержит описания терминов, связанных с процессом управления рисками, методов и способов выполнения процессов.

В ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015 «Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов» под *риском* понимается функция вероятности возникновения конкретной угрозы и потенциальных негативных последствий этой угрозы [32]. В стандарте определяется понятие «*свободы от риска*» как способность продукта или системы смягчать потенциальный риск для экономического положения, жизни, здоровья или окружающей среды, которое применяется в качестве одной из характеристик модели качества при использовании программного продукта.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25040-2014 «Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Процесс оценки» содержит требования к процессу оценивания качества программной продукции и рекомендации по реализации этапов жизненного цикла ее создания. В стандарте описаны процессы идентификации рисков и возможные последствия несоответствия программного продукта предъявляемым требованиям к качеству [8].

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25041-2014 «Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Руководство по оценке для разработчиков, приобретателей и независимых оценщиков» регламентирует процессы оценки качества продукции; определяет требования для выполнения процесса как с точки зрения разработчиков, так

и с точки зрения пользователей программных продуктов [33]. В стандарте отмечается, что оценка качества должна проводиться на всех этапах жизненного цикла программного продукта, процесс оценки должен учитывать все ограничения управления проектами, в том числе и возможные риски.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 25051-2017 «Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Требования к качеству готового к использованию программного продукта (RUSP) и инструкции по тестированию» устанавливает требования к готовому для использованию ПП и сопровождающей его документации [34]. Одним из требований к документации является наличие информации о качестве использования ПП при условии отсутствия рисков либо с учетом снижения экономических рисков, рисков возникновения угрозы здоровью, а также экологических рисков. Программное обеспечение должно работать в соответствии с показателем свободы от риска. Отдельное внимание уделяется рискам, связанным с процессом тестирования программного обеспечения: стандарт рекомендует обновлять и учитывать такие риски и планировать корректирующие действия.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 «Информационная технология (ИТ). Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств» устанавливает общую структуру процессов жизненного цикла программных средств и определяет процессы, виды деятельности и задачи, которые используются при приобретении программного продукта или услуги, а также при поставке, разработке, применении по назначению, сопровождении и прекращении применения программных продуктов [35].

Процесс менеджмента рисков определяется в стандарте в виде постоянного анализа, обработки и мониторинга негативных событий, которые могут произойти и повлиять на цели проекта. В соответствии с принятыми в организации политиками в отношении процесса менеджмента рисков реализуются такие виды деятельности, как планирование менеджмента рисков, менеджмент профиля рисков, анализ рисков, обработка рисков, мониторинг рисков.

Результаты успешного осуществления процесса менеджмента рисков выражаются в следующем:

- уточняется область применения менеджмента рисков;
- определяются и выполняются соответствующие стратегии управления рисками;
- идентифицируются риски по мере их выявления в течение жизненного цикла;
- проводится анализ критичности рисков и определяются приоритеты использования ресурсов при реализации выбранной стратегии;
- определяется и реализуется план мероприятий по воздействию на риск, основанный на его приоритете, вероятности и риск-аппетите.

Стандарты, регулирующие непосредственно процесс риск-менеджмента (третья группа), представлены следующими документами:

1) ГОСТ Р ИСО 31000-2010. Менеджмент риска. Принципы и управление»;

2) ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения.

ГОСТ Р ИСО 31000-2010 «Менеджмент риска. Принципы и управление» [36] является переводом стандарта ISO 31000:2009 «Risk management — Principles and guidelines (IDT)» [18]. Документ регламентирует *процесс управления рисками* предприятия в виде последовательности шагов.

Шаг 1. Определение ситуации. Формулирование целей, определение внешних и внутренних параметров проекта, которые следует принимать во внимание при управлении рисками.

Шаг 2. Идентификация риска. Составление полного перечня рисков, основанных на событиях, которые могут создавать, снижать, задерживать или предотвращать достижение целей.

Шаг 3. Анализ риска. Предоставление входной информации для оценивания риска и принимаемых решений относительно необходимости воздействия на эти риски. Процесс включает выявление причин и источников риска, характеристику возможных последствий наступления риска.

Шаг 4. Оценивание риска. Сравнение уровня риска, выявленного на этапе анализа, с критериями риска, определенными на этапе определения ситуации.

Шаг 5. Воздействие на риск. Выбор одного или более вариантов реагирования на риск и применение этих вариантов. После выполнения этого шага риск-менеджер проекта может принять решение о повторном выполнении этапа оценивания риска.

Шаг 6. Обмен информацией и консультирование. Осуществляется на всех этапах процесса риск-менеджмента с внешними и внутренними заинтересованными сторонами.

Шаг 7. Мониторинг и пересмотр. Получение дополнительной информации для улучшения оценки риска, идентификации новых рисков в целях повышения эффективности и результативности управления рисками. Рекомендуется установить план-график регулярных проверок в рамках процесса.

ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009 «**Менеджмент риска. Термины и определения**» [37] содержит словарь основных терминов, используемых в процессе управления рисками. В нормативном документе выделены следующие группы терминов:

- термины, относящиеся к риску;
- термины, относящиеся к менеджменту риска;
- термины, относящиеся к процессу менеджмента риска;
- термины, относящиеся к обмену информацией и консультациям в области риска;
- термины, относящиеся к целям и области применения;
- термины, относящиеся к оценке риска;
- термины, относящиеся к идентификации риска;
- термины, относящиеся к анализу риска;
- термины, относящиеся к сравнительной оценке риска;
- термины, относящиеся к обработке риска;
- термины, относящиеся к мониторингу и измерениям.

Анализ вышеуказанных стандартов показывает, что наличие в данных документах перечня мероприятий по построению комплексной системы, направленной на повышение эффектив-

ности деятельности организации, позволяет рассматривать их в качестве регуляторов процесса управления рисками. Представленные в них положения рассматривают риск-менеджмент с различных сторон, а именно:

- как отдельное направление деятельности организации;
- как составляющую устойчивого успеха организации;
- как часть структуры управления проектами организации;
- как составляющую системы управления качеством.

Несмотря на некоторые различия, все вышеперечисленные нормативные документы содержат общие утверждения, суть которых состоит в следующем:

- внедрение системы управления рисками является комплексным процессом, который предполагает вовлечение всей структуры управления организации;

- управление рисками — это фоновый итерационный процесс, направленный на повышение эффективности других производственных процессов организации;

- процесс управления рисками условно разделяется на следующие этапы: определение целей, идентификация рисков, качественный и количественный анализ, планирование реагирования и контроль рисков;

- процесс управления рисками требует вовлечения всех заинтересованных сторон-участников проекта.

В рассмотренных документах предлагается последовательность шагов, необходимых для реализации процесса управления рисками, однако не конкретизируется сам процесс исполнения.

Так, в [10, 16, 26, 27, 28, 36] для каждого этапа (шага) процесса управления рисками определены цели, входы и выходы.

В документах [15, 17, 30, 31] дается лишь смысловое, семантическое описание этапов.

Некоторые рекомендации по использованию конкретных инструментов и методов приведены в [10, 27]. Например, в [10] для каждого этапа управления рисками указывается несколько возможных инструментов и методов. В основном это классические методы экспертного оценивания — метод Дельфи, мозговой штурм, анализ первопричины, проведение интервью. Такие

методы могут быть использованы для решения большого круга задач, целью которых является принятие решения на основании мнения специалистов (при условии отсутствия точных данных). Однако документ не описывает, каким именно образом эти методы должны быть использованы при управлении рисками.

В методологии [27], по сравнению с другими рассмотренными стандартами, больше внимания уделяется наглядному представлению информации о выявленных рисках. В методологии формализован способ представления (хранения) собранной информации о рисках (например, раздел 9.7 документа содержит подробное описание структуры реестра рисков), но вместе с тем не описываются методы (способы) сбора этой информации.

2. РИСКИ И РИСКООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

2.1. Понятия и классификация рисков и рискообразующих факторов

Анализ существующих подходов к определению и классификации риска и рискообразующих факторов

В большинстве вышеуказанных стандартов понятие риска определяется как негативное событие (группа событий), не позволяющее достичь в полной мере целей (результатов) проекта [10, 15, 26, 27, 36]. Наступление (проявление) рисков возможно при наличии процессов, явлений, обстоятельств, которые могут привести к возникновению риска. Такие явления в стандартах определены как факторы риска. Влияние рискообразующих факторов на проявление рисков отражает меру негативных последствий (ожидаемых потерь) команды проекта и может оцениваться в виде специфических показателей: возможных убытков в объемах продаж, увеличения бюджета проекта, дополнительных затратах на предотвращение рисков и т. д. Конкретные рекомендации по соотношению понятий рисков и рискообразующих факторов в стандартах не приводятся.

Необходимо отметить, что однозначных понятий риска и рискообразующих факторов не содержится и в исследованиях по данной тематике (монографиях, статьях в периодической печати). Более того, эти понятия часто смешиваются. Достаточно распространенными определениями риска являются следующие:

- риск как неопределенное событие, имеющее положительный или отрицательный эффект по меньшей мере на одной из целей проекта [38];
- риск как возможность возникновения проблемы, которая может каким-либо образом представлять потенциальную угрозу для результатов проекта [39];
- риск как вероятность наступления события, которое может привести к опасности или негативным последствиям, таким как недополучение прибыли, снижение эффективности процес-

сов и качества деятельности, угроза безопасности, возникновение потерь, убытков [40].

Эволюция понятий риска и неопределенности рассматривается в [41].

Во всех стандартах рекомендуется на этапе идентификации рисков предварительно провести классификацию рисков, при этом только в [10] приводятся конкретные основания классификации. Такая позиция авторов нормативных документов более чем понятна. Приведенные выше регламентирующие документы и методики унифицированы и описывают процессы управления проектами в общем случае. В литературе, посвященной принципам управления программными проектами, описано множество возможных видов классификации их рисков. Так, например, автор спиральной модели жизненного цикла ПО Барри У. Бозм в [42] приводит список десяти наиболее распространенных рисков программного проекта:

- 1) дефицит специалистов;
- 2) нереалистичные сроки и бюджет;
- 3) реализация несоответствующей функциональности;
- 4) разработка неправильного пользовательского интерфейса;
- 5) перфекционизм, ненужная оптимизация и оттачивание деталей;
- 6) непрекращающийся поток изменений;
- 7) нехватка информации о внешних компонентах, определяющих окружение системы или вовлеченных в интеграцию;
- 8) недостатки в работах, выполняемых внешними (по отношению к проекту) ресурсами;
- 9) недостаточная производительность получаемой системы;
- 10) разрыв в квалификации специалистов разных областей знаний.

В работе Т. Де Марко и Т. Листера приводится пять наиболее важных источников рисков любого проекта разработки ПО [43]:

- 1) изъяны календарного планирования;
- 2) текучесть кадров;
- 3) раздувание требований;
- 4) нарушение спецификаций;
- 5) низкая производительность.

Роберт Т. Фатрелл, консультант по управлению программными проектами в Техасском университете, ведущий менеджер управления проектами компании Motorola, в предлагает классифицировать множество рисков следующим образом [13]:

известное в известном. Эти риски известны команде разработчиков проекта, имеется возможность определить их категорию, оценить последствия, определить мероприятия по их смягчению;

известное в неизвестном. Эти риски известны команде разработчиков проекта, знакома категория риска, но неизвестны реальные сроки проявления для данного проекта. Например, отсутствие связи с конечным пользователем приводит к риску, связанному с отсутствием корректности при идентификации требований. Подобные риски описываются в плане менеджмента рисков, где определяется их приоритетность, а также еженедельно обновляются сведения о рисках;

неизвестное в неизвестном. Эти риски известны команде разработчиков проекта, знакома категория риска, но неизвестны реальные перспективы для данного проекта. Подобный пример проявляется в том случае, если проект использует специфическое технологическое решение, которое формулируется в терминах контракта для данного проекта. И хотя такое положение вещей само по себе таит определенный риск, при отсутствии опыта работы с инструментом менеджер проекта не может знать всех потенциальных рисков, которые может повлечь за собой применение инструмента.

Вице-президент Гильдии менеджеров программных проектов В.С. Архипенков, основываясь на тридцатилетнем опыте разработки сложного программного обеспечения, выделяет следующие пять типов рисков [9]:

- 1) требования заказчика отсутствуют, либо представлены не в полном объеме, либо подвержены частым изменениям;
- 2) отсутствие необходимых ресурсов и опыта;
- 3) отсутствие рабочего взаимодействия с заказчиком;
- 4) неполнота планирования, «забытые работы»;
- 5) ошибки в оценках трудоемкостей и сроков работ.

В работах [44, 45] предлагается выделить четыре категории рисков программного проекта:

1) **риски, связанные с требованиями.** Процесс разработки программного обеспечения начинается с определения требований, выполнение которых необходимо для реализации системы, и вариантов использования системы. Основная проблема в том, что некоторые ключевые требования могут быть пропущены, поскольку пользователи не считают нужным об них упоминать, настолько эти требования, по их мнению, очевидны. Часть требований неверно понимается разработчиками. В итоге создаваемая система не будет выполнять функции, необходимые пользователям. К часто упускаемым требованиям можно отнести:

- функциональные (программы установки, настройки, конфигурации, миграция данных, интерфейсы с внешними системами, справочная система);
- общесистемные (производительность, надежность, открытость, масштабируемость, безопасность, кроссплатформенность, эргономичность);
- риски планирования (обучение, координация работ, уточнение требований, управление конфигурациями, разработка и поддержка скриптов автосборки, разработка модульных и интеграционных тестов, создание тестовых данных, обработка запросов на изменения);

2) **технологические риски.** Эта категория объединяет риски, связанные с используемыми технологиями. Их наступление обусловлено зрелостью выбранной технологии, требованиями и возможностями пользователей;

3) **риски, связанные с квалификацией.** Этой категории рисков обычно уделяют мало внимания. К рискам данной категории можно отнести отсутствие у сотрудников опыта в использовании применяемых технологий, опыта ведения аналогичных проектов, низкий уровень профессионализма менеджера проекта;

4) **политические риски.** Данная категория рисков с высокой вероятностью может привести к краху проекта, даже если все другие виды рисков будут обойдены.

Несколько иная классификация рисков разработки ПО представлена в работе В.Ф. Бадюкова (рис. 2.1) [46].

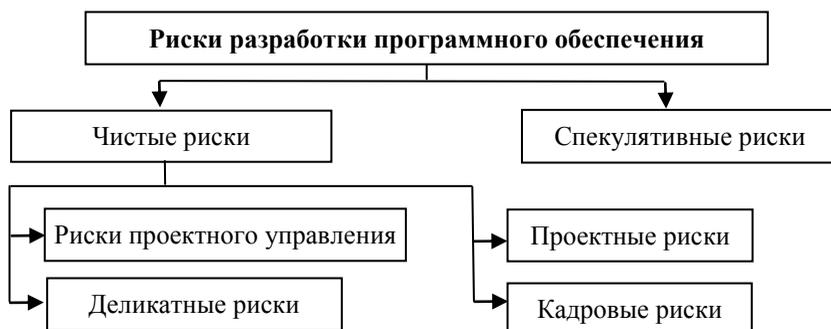


Рис. 2.1. Классификация рисков разработки программного обеспечения

К рискам проектного управления отнесены риски плохого взаимодействия между заказчиком и исполнителем; риски управления проектом; риски, связанные с недостаточной осведомлённостью управляющего проектом о точном состоянии проекта; риски планирования; риски отсутствия системы контроля.

К проектным рискам автор относит риск появления новых требований; риск противоречивости в требованиях (декомпозиция спецификации); риски неправильно определённых системных требований; риски использования нестабильных технологий; риски, связанные с неспособностью справиться со сложностью проекта.

Кадровые риски объединяют риск низкой продуктивности, риск смены сотрудников.

Деликатные риски — риски хищения исходного кода и риски нарушения закона об авторском праве.

Спекулятивные риски — это риски финансовых ограничений, изменения конъюнктуры, изменения курсов валют.

В работе [47] предлагается выделять шесть основных групп рисков разработки программного обеспечения:

- 1) технологические риски;
- 2) риски, связанные с персоналом;
- 3) организационные риски;
- 4) инструментальные риски;

5) риски, связанные с системными требованиями;

6) риски оценивания.

Примеры рисков, соответствующих вышеназванным основаниям классификации, приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Категории рисков

Категория рисков	Примеры рисков
Технологические риски	База данных, используемая в программной системе, не обеспечивает обработку ожидаемого объема транзакций. Программные компоненты, используемые повторно, имеют дефекты, ограничивающие их функциональные возможности
Риски, связанные с персоналом	Невозможно подобрать работников с требуемым профессиональным уровнем. Ведущий разработчик заболел в самое критическое время. Невозможно организовать необходимое обучение персонала
Организационные риски	В организации, выполняющей разработку ПО, произошла реорганизация, что привело к изменению приоритетов в управлении проектом. Финансовые затруднения в организации привели к уменьшению бюджета проекта
Инструментальные риски	Программный код, генерируемый CASE-средствами, неэффективен. CASE-средства невозможно интегрировать с другими средствами поддержки проекта
Риски, связанные с системными требованиями	Изменения требований приводят к значительным повторным работам по проектированию системы. Первоначальная нечеткая формулировка пользовательских требований привела к значительным изменениям системных требований, проявившихся на поздних стадиях разработки проекта
Риски оценивания	Недооценка времени выполнения проекта. Скорость выявления дефектов в системе ниже ранее запланированной.

	Размер системы значительно превышает первоначально рассчитанный
--	---

Согласно классификации, рекомендуемой в [48], выделяется лишь две категории рисков, связанных с разработкой программного обеспечения:

- 1) технический риск;
- 2) управленческий риск.

Авторы определяют технический риск как сопоставление средней частоты появления ошибки заданного типа и возможного ущерба, который она может принести.

Под управленческими рисками понимается содержательное описание проблем, связанных с непредвиденными расходами, текучестью кадров, возможностью незавершения проекта в срок и т. п.

По мнению авторов, управленческие риски включают:

- негативное влияние условий труда;
- недостаточную надежность аппаратного обеспечения;
- низкую эффективность программного инструментария;
- комплектацию персонала и его низкую квалификацию;
- возможное превышение сроков и бюджета;
- выпуск продукта неприемлемого качества.

Технические риски разделены на три большие категории:

1) риски не связанные со сложностью разрабатываемого ПО (опечатки в коде программы, случайное повреждение или удаление исходного кода);

2) риски, связанные с недостаточной квалификацией персонала (например, необходимость отправлять разработчиков завершать работу, начатую другими людьми);

3) риски, связанные с поздним исправлением ошибок (ошибки при сборе требований; логические ошибки в коде, не обнаруженные при тестировании).

Отдельно следует выделить работы, посвященные обзору существующих подходов к классификации рисков и рискообразующих факторов. Анализ источников [13, 42–48] показал, что в качестве оснований для классификации рискообразующих факторов авторы выделяют виды деятельности команды проекта:

- управление организацией;

- взаимоотношения с заказчиком;
- формирование бюджета/затрат;
- выполнение проекта;
- управление проектом;
- реализация процесса разработки;
- выбор среды разработки;
- управление персоналом.

Несколько иные основания классификации приводятся в методологии управления ИТ-проектами корпорации Microsoft [49]: люди, процессы, технологии, внешние условия.

Скотт К. и Фаулер М. предлагают использовать категории «риски, связанные с требованиями», «технологические риски», «риски, связанные с квалификацией персонала», «политические риски» [44].

К категориям рисков, предложенным в [44], Гудов А.М. с соавторами, добавляют «организационные риски», «риски, связанные с системными требованиями» и «риски оценивания» [47].

Проведенный анализ литературы показал, что в стандартах, монографиях, научных журналах отмечается влияние на цели проекта рисков и рискообразующих факторов, однако нет четкого разграничения понятий риска и рискообразующего фактора. Более того эти понятия часто замещаются друг другом. Отсутствует единая классификация рисков и рискообразующих факторов, присущих программным проектам. В связи с этим в работе введены новые понятия рисков разработки программного продукта, предложен оригинальный классификатор рискообразующих факторов, основанный на элементах универсальной модели деятельности предложенной в [50].

Новые подходы к классификации рисков и рискообразующих факторов

Семантический анализ представленных выше определений рисков показал, что в них содержатся фразы и слова, так или иначе связанные с целями программного проекта, результатом реализации которого является программный продукт. С учетом модификации правила «железного треугольника» желаемый результат

программного проекта можно сформулировать следующим образом: программный продукт должен быть реализован в нормативные сроки без превышения планового бюджета с заданными заказчиком функциональными и нефункциональными требованиями. В этом случае можно утверждать, что разработке программных продуктов присущи только четыре вида рисков (рис. 2.2):

- 1) срыв плановых сроков разработки программного продукта;
- 2) превышение стоимости (бюджета) разработки;
- 3) критические отклонения по составу и содержанию функциональных требований;
- 4) критические отклонения по выполнению нефункциональных требований (показателей качества программного продукта).



Рис. 2.2. Виды рисков программного продукта с учетом правила «железного треугольника»

Формулировки видов риска могут уточняться с учетом характерных особенностей каждого этапа жизненного цикла программного продукта (табл. 2.2).

Таблица 2.2
Соотношение целей и рисков программного продукта

Этапы ЖЦ ПП	Цели	Риски
Разработка технического задания (ТЗ)	Выбор продуктово-рыночного направления и разработка ТЗ коммерческого ПП	Ошибки при разработке и анализе функциональных и нефункциональных требований
Разработка технического и рабочего проекта	Разработка коммерческого ПП с требуемым функционалом при ограничениях на сроки, бюджет и качество ПП	Критические отклонения по срокам и бюджету проекта, при выполнении функциональных и нефункциональных требований
Продвижение	Обеспечение в определенном интервале времени заданного уровня объема продаж ПП при ограничении на бюджет рекламной компании	Несоответствие между желаемыми и фактическими объемами продаж ПП, возникновению критических отклонений по бюджету программы продвижения
Внедрение	Обеспечение процесса поставки и внедрения ПП в соответствии с договорными отношениями между разработчиком и заказчиком	Критические отклонения по срокам и бюджету внедрения ПП
Сопровождение	Достижение бизнес-целей заказчика посредством обеспечения необходимой производительности ⁴ внедренного ПП или	Нарушение целостности и работоспособности ПП, критические отклонения при выполнении функциональных и нефункциональных требо-

⁴ Производительность — мера того, что достигнуто или выработано системой, человеком, командой, процессом, или ИТ-услугой [51].

	устранением имеющихся ограничений ⁵	ваний при технической поддержке пользователей и модернизации системы
--	--	--

Для стандартизации и унификации процесса выявления рискообразующих факторов, оказывающих влияние на возможное проявление каждого вида риска, описания их смыслового содержания, а также последующей оценки их влияния на достижение желаемого результата программного проекта предлагается в соответствии с выделенными основаниями (признаками) классификации распределить множество факторов на следующие подмножества (рис. 2.3).

На первом уровне классификатора в качестве основания классификации используется модель ЖЦ программного продукта: разработка – продвижение – внедрение – сопровождение.

На втором уровне в соответствии с [10, 49] для каждого этапа жизненного цикла ПП можно выделить внешние и внутренние факторы. Внешние факторы — это события, которые лежат за пределами контроля и влияния команды проекта. Внутренние факторы определяют способность самой команды проекта успешно управлять рисками.

На третьем уровне проявление внешних факторов обуславливается как политикой государства в отношении бизнеса малых ИТ-компаний, так и различными ситуациями на финансовом рынке и рынке труда.

Набор внутренних факторов определяется составом элементов системной модели деятельности, предложенной в [50], характерной для всех систем, производящих конечные продукты и/или оказывающих услуги:

«предмет деятельности – субъект деятельности – средства деятельности – технология деятельности».

В данном случае предметом деятельности является программный продукт, субъектом деятельности — команда проекта, средствами деятельности — инструментальные средства раз-

⁵ Ограничение — это запрет или невозможность выполнения каких-то действий [51].

работки программного продукта, технологиями деятельности — технологии управления процессами разработки программного продукта (рис. 2.4).

Четвертый уровень представляет собой набор первичных факторов риска. При этом допускается возможность принадлежности одного и того же фактора к разным основаниям классификации.



Рис. 2.3. Классификация рискообразующих факторов программного продукта



Рис. 2.4. Модель деятельности по разработке программного продукта

Распределение рискообразующих факторов, приведенных в [10, 13, 37, 40, 42–49], по предложенным в работе основаниям классификации представлено в табл. 2.3.

Таким образом, можно утверждать, что представленный классификатор достаточно универсален и может использоваться риск-менеджерами при идентификации и анализе рискообразующих факторов на каждом этапе жизненного цикла программных продуктов.

Описание множества рискообразующих факторов без их относительного распределения по этапам жизненного цикла ПП на основе предложенного классификатора и обобщения литературы [10, 27, 40–49, 52–54] представлено в приложении А.

Таблица 2.3

Примеры оснований классификаций
по распределению рискообразующих факторов

Основание предлагаемого классификатора	Перечень документов и авторов работ по данной тематике
Программный продукт	[10], [48], [49], Скотт К., Фаулер М., Сыч Г.Л., Фатрелл Р.Т., Боэм Б.У
Команда проекта	[10], [48], [49], Скотт К., Фаулер М., Сыч Г.Л., Гудов А.М., Завозкин С.Ю, Трофимов С.Н., Фатрелл Р.Т., Боэм Б.У., Марко Д., Листер Т., Архипенков С.
Технология управления продуктом	[10], [48], [49], Скотт К., Фаулер М., Сыч Г.Л., Гудов А.М., Завозкин С.Ю., Трофимов С.Н., Фатрелл Р.Т.
Технология управления разработкой	[10], [48], [49], Сыч Г.Л., Гудов А.М, Завозкин С.Ю., Трофимов С.Н., Фатрелл Р.Т., Боэм Б.У., Марко Д., Листер Т., Архипенков С.
Потребители	[10], Фатрелл Р.Т., Боэм Б.У., Марко Д., Листер Т., Архипенков С.
Партнеры	[10], Боэм Б.У.
Государство	[10], Скотт К., Фаулер М.
Финансовый рынок	[10], Сыч Г.Л.
Продуктовый рынок	Боэм Б.У., Марко Д., Листер Т., Архипенков С.

Каждый фактор описывается по схеме:

*«условия возникновения → последствия проявления →
→ влияние на результат».*

Это позволяет понять содержание (смысл) каждого фактора и влияние факторов на результаты проекта.

Очевидно, что приведенный перечень рискообразующих факторов не претендует на полноту, и может быть дополнен. Тем не менее эти сведения позволяют менеджерам проектов выбирать при первичном отборе перечень факторов, влияющих на конкретный проект.

2.2. Семантическая модель процесса управления рисками программных проектов

Особенности управления рисками проектов

Анализ стандартов по управлению рисками программных проектов [8, 10, 18, 26–36] показал, что процесс управления рисками можно отнести к слабоформализуемым задачам принятия решений. Этот вывод основывается на принципах, от соблюдения которых зависит эффективность управления рисками [36]:

- риск-менеджмент — это часть процесса принятия решений;
- риск-менеджмент явным образом связан с неопределенностью;
- риск-менеджмент является адаптируемым процессом;
- риск-менеджмент учитывает человеческие и культурные факторы;
- риск-менеджмент является динамичным, итеративным и реагирующим на изменения процессом.

Кроме того, в силу уникальности каждого проекта результаты процесса управления рисками зависят от компетентности экспертов, привлекаемых к управлению рисками, и квалификации риск-менеджера проекта, который принимает окончательное решение по выбору стратегии управления рисками.

Технологию принятия решений по управлению рисками с учетом знаний экспертов и ее графическую интерпретацию в формализованном виде можно представить в виде семантической сети. Математически семантическая сеть представляется в виде ориентированного графа [55, 56]

$$S = \langle I, D, G \rangle,$$

где I — множество объектов и понятий;

D — множество типов связей, существующих между объектами и понятиями;

G — отображение, задающее конкретные отношения из имеющихся типов D между элементами I .

В этом случае бизнес-процессы принятия решений управления рисками предлагается представить в виде комплекса взаимосвязанных семантических сетей (рис. 2.5–2.14) [36].

Для описанной семантической сети процесса управления рисками программного проекта используется система понятий и отношений (рис. 2.5).

IT-компания — организация, занимающаяся деятельностью в сфере информационных технологий.

Команда проекта — группа сотрудников IT-компания, деятельность которой сознательно координируется для достижения целей проекта.

Риск-менеджер — специалист по управлению рисками.

Проект — временное предприятие, направленное на создание уникального продукта в виде программного продукта и/или услуги, для которого определены даты начала и завершения, бюджет, функциональные и нефункциональные требования.

Менеджмент риска — координированные действия специалистов по руководству и управлению IT-компанией в области управления рисками.

План менеджмента риска — краткое, формализованное описание деятельности специалистов по управлению рисками и мероприятий в пределах структуры менеджмента риска, устанавливающих подход, элементы менеджмента и ресурсы, используемые для менеджмента риска.

Структура менеджмента риска — взаимосвязанные элементы, которые обеспечивают реализацию принципов и организационных мероприятий, применяемых при разработке, внедрении, анализе и постоянном мониторинге менеджмента риска организации.

Политика в области менеджмента риска — заявление руководства о деятельности организации в области менеджмента риска, общих принципах и отношениях к риску, выбору вариантов воздействия на риски.

Процесс менеджмента риска — комплекс взаимосвязанных мероприятий по обмену информацией, консультированию, установлению области применения, оценке риска, воздействию на риск, мониторингу и пересмотру риска, выполняемых в соответствии с политикой менеджмента организации.

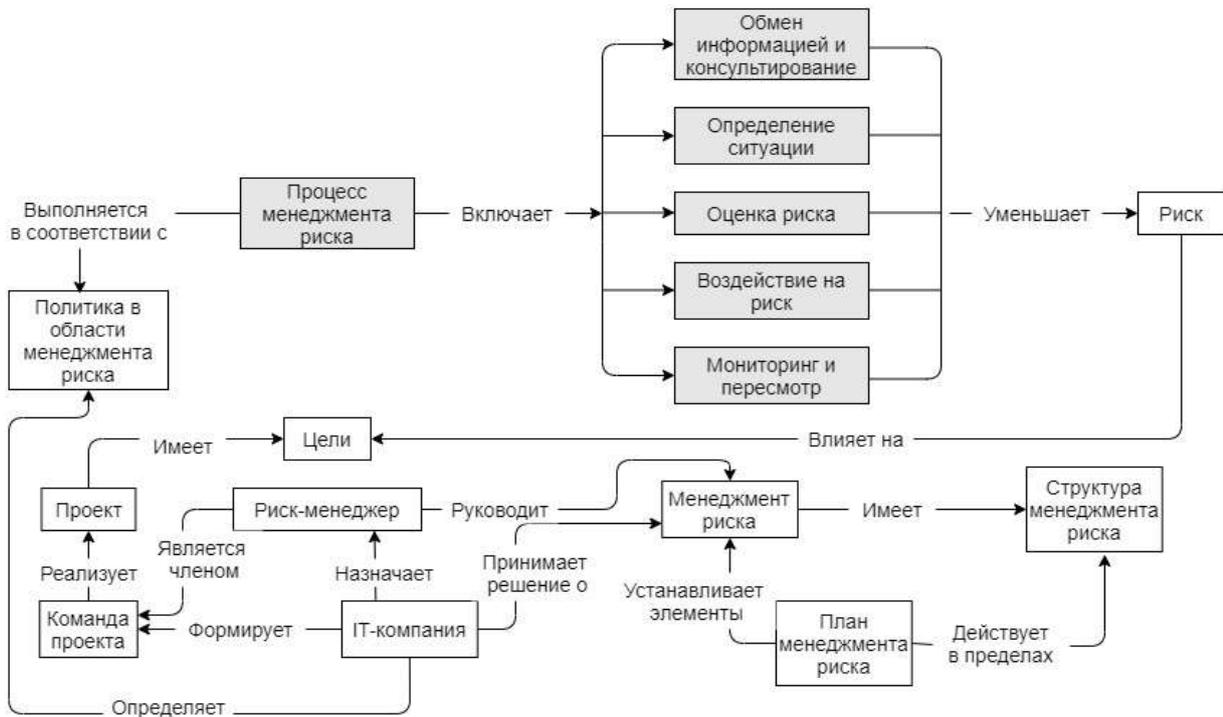


Рис. 2.5. Семантическая сеть процесса управления рисками

Обмен информацией и консультации — непрерывные итеративные процессы, выполняемые организацией для получения и распространения информации о текущем состоянии риска; организация диалога специалистов по управлению рисками с причастными сторонами по вопросам менеджмента риска [37].

Определение ситуации — определение внешнего и внутреннего контекста проекта согласно политике в области управления рисками с целью выявления потенциальных источников рискообразующих факторов, которые следует учитывать в менеджменте риска.

Оценка риска — процесс идентификации рискообразующих факторов, их анализ и возможное влияние на риск.

Воздействие на риск — процесс модификации риска путем реализации комплекса плановых мероприятий, направленных на снижение влияния рискообразующих факторов.

Мониторинг — систематические проверки, надзор, обследования и определение текущего состояния рисков и рискообразующих факторов в контексте реализации воздействия на риск с целью контроля состояния ранее выявленных рискообразующих факторов и идентификации проявления новых факторов.

Пересмотр — деятельность, предпринимаемая риск-менеджером для анализа возможности, адекватности и результативности воздействия на риск по отношению к достижению установленных целей проекта.

Этапы управления рисками

Детализация объекта «Процесс менеджмента управления рисками» содержит следующие взаимосвязанные этапы (рис. 2.6):

- 1) обмен информацией и консультирование,
- 2) определение ситуации,
- 3) оценка риска,
- 4) воздействие на риск,
- 5) мониторинг и пересмотр.

Эффективное управление рисками по рекомендациям стандарта [36] возможно лишь при своевременном обмене информацией между участниками процесса и надлежащем мониторинге выполнения всех этапов, что делает сам процесс циклическим.

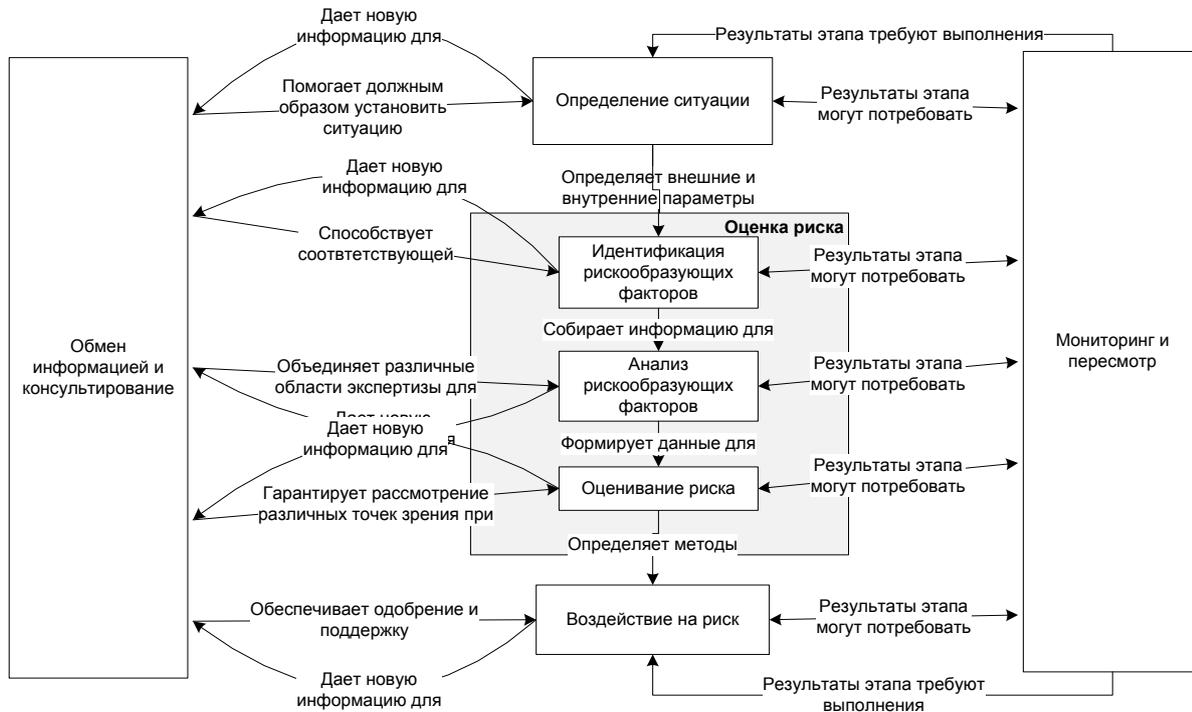


Рис. 2.6. Семантическая сеть процесса управления рисками: этапы процесса управления рисками

1. Этап «Обмен информацией и консультирование» предполагает организацию своевременного обмена актуальной информацией по вопросам риска между командой проекта и заинтересованными (причастными) сторонами (рис. 2.7).

Причастной (заинтересованной) стороной считается любой индивидум, группа или организация, которые могут воздействовать на риск, подвергаться воздействию или ощущать себя подверженными воздействию риска; представления причастных сторон о риске называются *восприятием риска* [37]. Результаты работы консультационных групп учитываются на этапе определения ситуации (контекста), на их основании выполняется оценка риска и принятие решения о воздействии на риск.

2. Этап «Определение ситуации (контекста)» — исследование среды (контекста), в которой реализуется проект. Состояние контекста проекта следует учитывать при управлении риском, формировании критериев оценки риска, определении сферы применения менеджмента риска, которые необходимы для определения политики в области менеджмента риска. При этом выделяется внешняя среда (ситуация) — внешние условия, и внутренняя среда (ситуация) — внутренние условия, в которых ИТ-компания работает и достигает своих целей.

Под критериями оценки риска понимаются характеристики, по сопоставлению с которыми оценивают значимость риска. Критерии оценки риска могут учитывать требования стандартов, политики, законодательства и выражаться в предельно допустимых значениях потерь [37] (рис. 2.8).

3. Этап «Оценка риска» включает три последовательных шага (см. рис. 2.6):

1) **идентификацию рискообразующих факторов** — процесс выявления и описания возможных факторов риска;

2) **анализ рискообразующих факторов** — процесс исследования факторов риска, включающий выявление возможных взаимосвязей между факторами и силы их влияния на риски;

3) **оценивание риска** — процесс сравнения результатов анализа рискообразующих факторов с критериями риска для определения приемлемости риска.

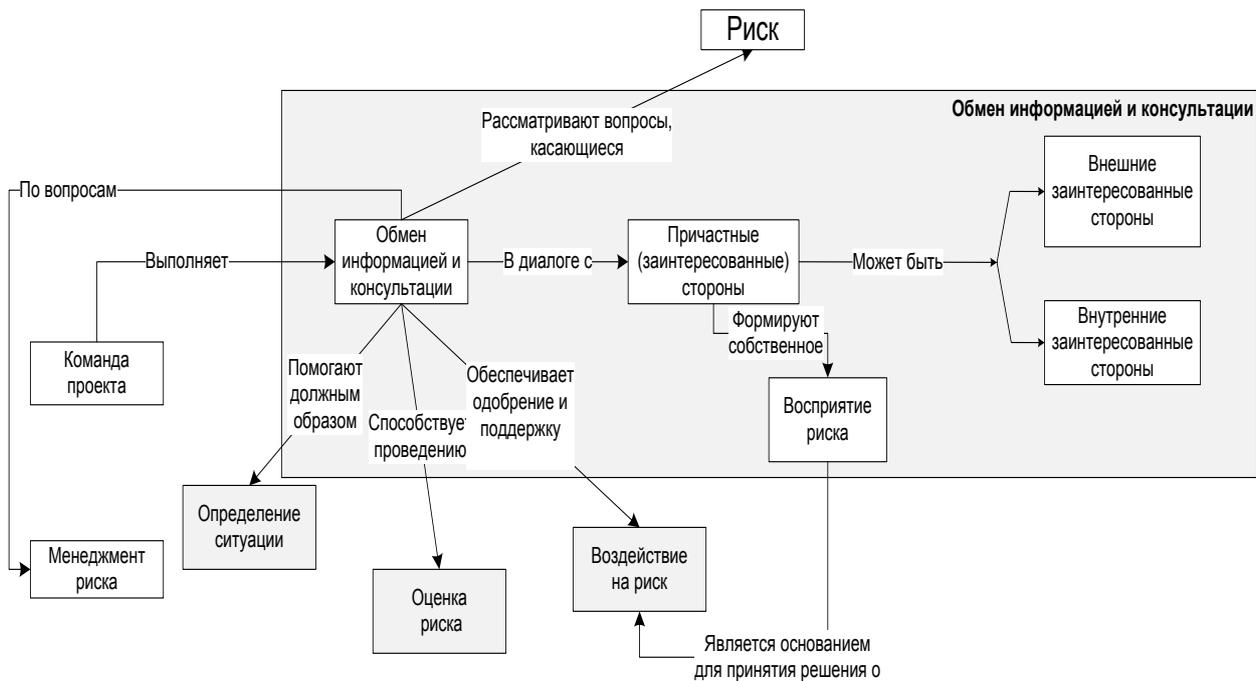


Рис. 2.7. Семантическая сеть процесса управления рисками: обмен информацией и консультации

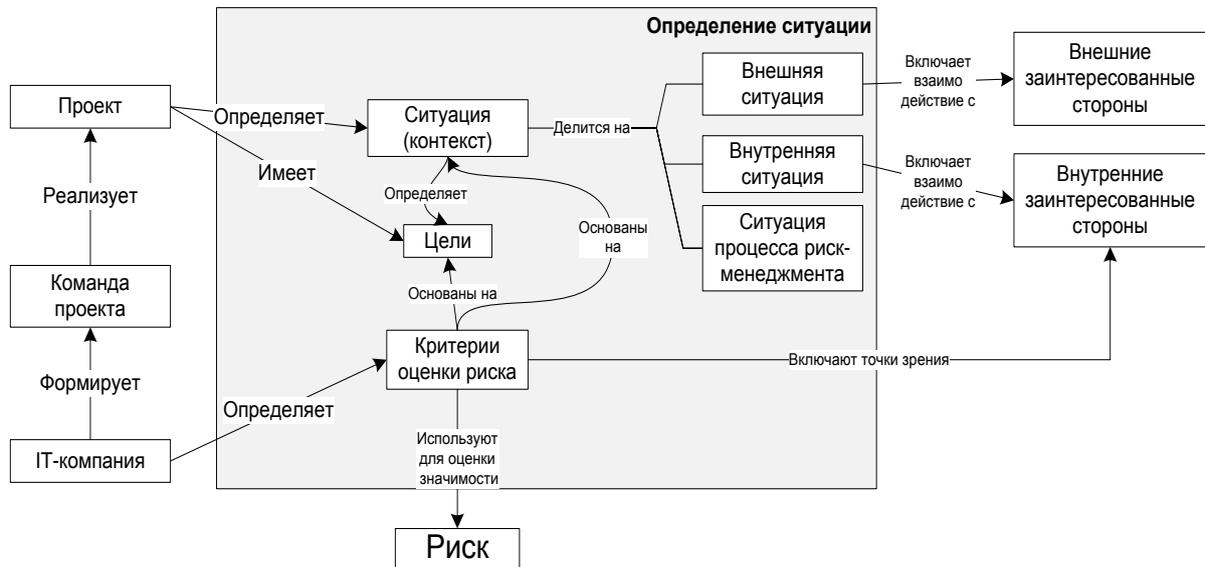


Рис. 2.8. Семантическая сеть процесса управления рисками: определение ситуации

Идентификация рискообразующих факторов позволяет выявить и коллективно обсудить возможность проявления рискообразующих факторов, способных повлиять на цели проекта, документально описать результаты в виде логически увязанных характеристик (рис. 2.9).

Описание каждого фактора риска следует проводить на естественном языке с разъяснением причинно-следственной связи между реально существующей причиной и потенциально возможным, еще не случившимся событием или ситуацией [40].

Для выполнения шага идентификации организация может привлекать экспертов — специалистов, обладающих соответствующими знаниями. Риск-менеджер проекта совместно с экспертами выполняет описание рискообразующих факторов в виде документа, содержащего описание следующих элементов:

- события или ситуации, которые могут негативно повлиять на цели;
- условия их возникновения,
- последствия проявления и воздействия на цели проекта.

Набор описаний выявленных факторов риска сохраняется в реестре рискообразующих факторов. *Условие* содержит описание причины, которая может сделать результат проекта убыточным, либо же сократить получаемую от проекта прибыль. *Последствие* описывает нежелательную ситуацию при наступлении рискообразующего фактора, которую следует избегать. *Воздействие* на цели отражает негативные изменения характеристик целей проекта.

После того как все возможные рискообразующие факторы будут описаны, риск-менеджер проекта может назначить лицо (или организацию), имеющее полномочия по управлению фактором/факторами риска и несущее ответственность за результаты управления, — владельца рискообразующего фактора .

По результатам идентификации рискообразующих факторов выполняется **анализ рискообразующих факторов** с целью выделения наиболее значимых (рис. 2.10).

Риск-менеджер проекта по результатам этапа обмена информацией и консультирования определяет вероятность проявления рискообразующего фактора, силу его воздействия на цели проекта и близость наступления.

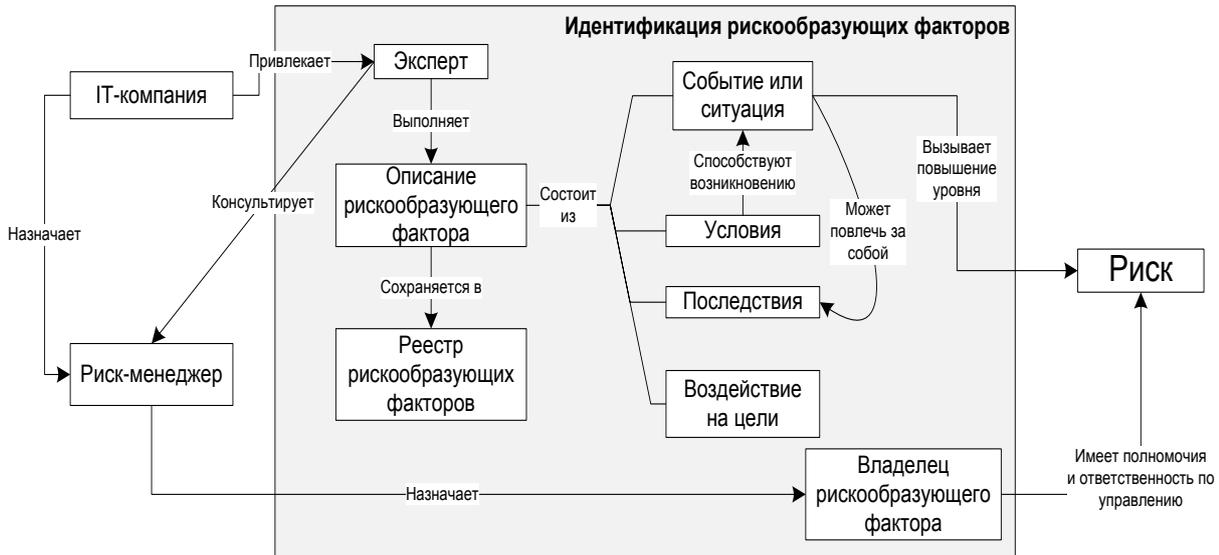


Рис. 2.9. Семантическая сеть процесса управления рисками: идентификация рискообразующих факторов

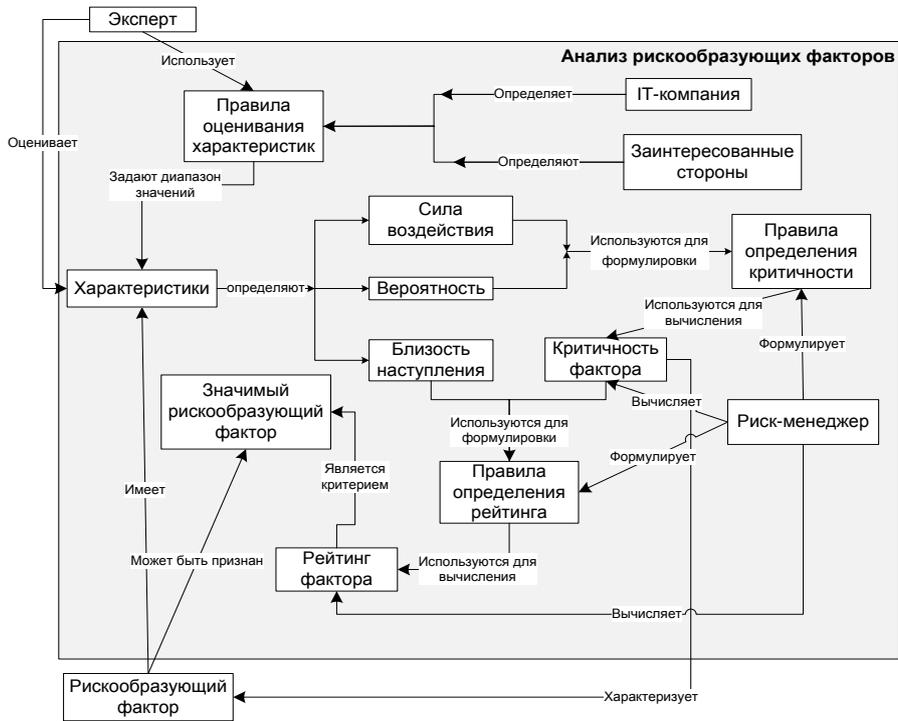


Рис. 2.10. Семантическая сеть процесса управления рисками: анализ рискообразующих факторов

Термин «вероятность» означает меру возможности того, что условия появления рискообразующего фактора, описанные в его формулировке, действительно наступят. Влияние (сила воздействия) рискообразующих факторов на цели проекта отражает меру негативных последствий (ожидаемых потерь проекта) при проявлении конкретного рискообразующего фактора.

Для определения характеристик рискообразующего фактора риск-менеджер проекта использует правила оценивания характеристик, которые могут быть сформулированы в виде качественных или количественных шкал.

Значения шкал определяет руководство IT-компании и/или менеджер проекта с привлечением представителя заинтересованной стороны, основываясь на своем восприятии риска и учитывая специфику проекта.

Риск-менеджер проекта задает правила определения критичности фактора и рейтинга фактора, которые ставят в соответствие паре характеристик <вероятность, сила воздействие> одно из возможных значений критичности.

Правила определения рейтинга учитывают ранее определенную степень критичности рискообразующего фактора и оценку возможного времени его проявления, характеризующую близость наступления. Вычисленный рейтинг фактора является инструментом ранжирования выявленных рискообразующих факторов по степени их значимости.

Оценивание риска выполняется с целью принятия решения о необходимом воздействии на риск или выполнения дополнительного анализа рискообразующих факторов (рис. 2.11).

Для определения приемлемости риска риск-менеджер проекта выполняет его сравнительную оценку, которая заключается в сравнении уровня риска, определенного при анализе рискообразующих факторов, с критериями риска.

Уровень риска определяется содержанием списка значимых рискообразующих факторов, сформированного на шаге идентификации. При этом принятое решение должно определять приоритет воздействия на факторы риска и учитывать отношение IT-компании и заинтересованных сторон к риску.

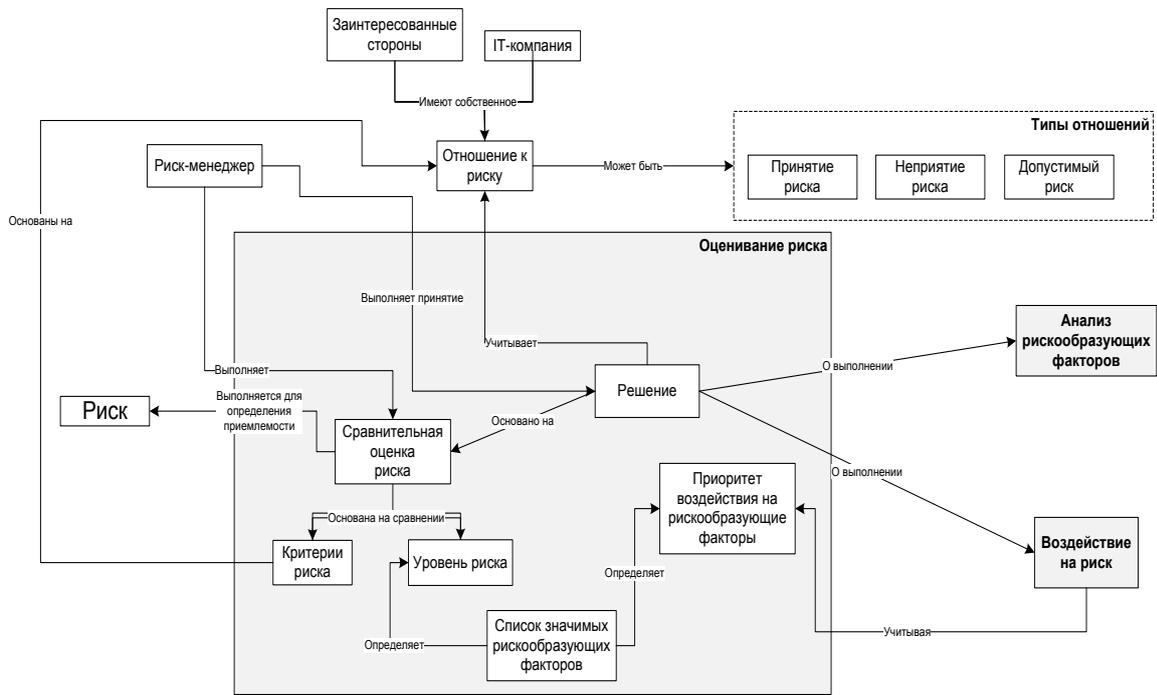


Рис. 2.11. Семантическая сеть процесса управления рисками. Оценивание риска

Отношение к риску может быть определено как отношение организации (в данном случае IT-компании) к оценке риска и, таким образом, к наличию риска, сохранению риска, решениям о его принятии, изменении и устранении риска [37].

В терминах и определениях стандарта [37] описываются следующие разновидности отношения организации к риску:

- *допустимый риск*, который организация и заинтересованные стороны готовы сохранять после обработки риска для достижения своих целей;
- *неприятие риска*, выражаемое в неприемлемости наличия риска;
- *принятие риска* — обоснованное решение о принятии риска.

Таким образом, на основании результатов ранее выполненных шагов идентификации, анализа и оценивания риска лица, ответственные за менеджмент риска, принимают решение о необходимости воздействия на риск.

4. Этап воздействия на риск заключается в принятии решения о выборе одного или нескольких вариантов воздействия на риск и в их дальнейшем применении (рис. 2.12).

Согласно данным ранее определениям риска и рискообразующего фактора воздействие на риск должно заключаться в планировании и выполнении мероприятий, которые могут изменить возможность проявления факторов риска или уменьшить уровень негативных последствий, если наступление события или ситуации, идентифицированных как рискообразующий фактор неизбежно.

Решение о выборе варианта воздействия на риск выполняет риск-менеджер проекта, учитывая отношение к риску IT-компании и заинтересованных сторон. При этом приоритет воздействия на рискообразующие факторы должен зависеть от рейтинга фактора, вычисленного на шаге анализа рискообразующих факторов. Возможные варианты воздействия на рискообразующие факторы приведены в стандартах [36, 37]: избежание либо принятие рискообразующего фактора, изменения вероятности рискообразующего фактора и его последствий, разделение риска.

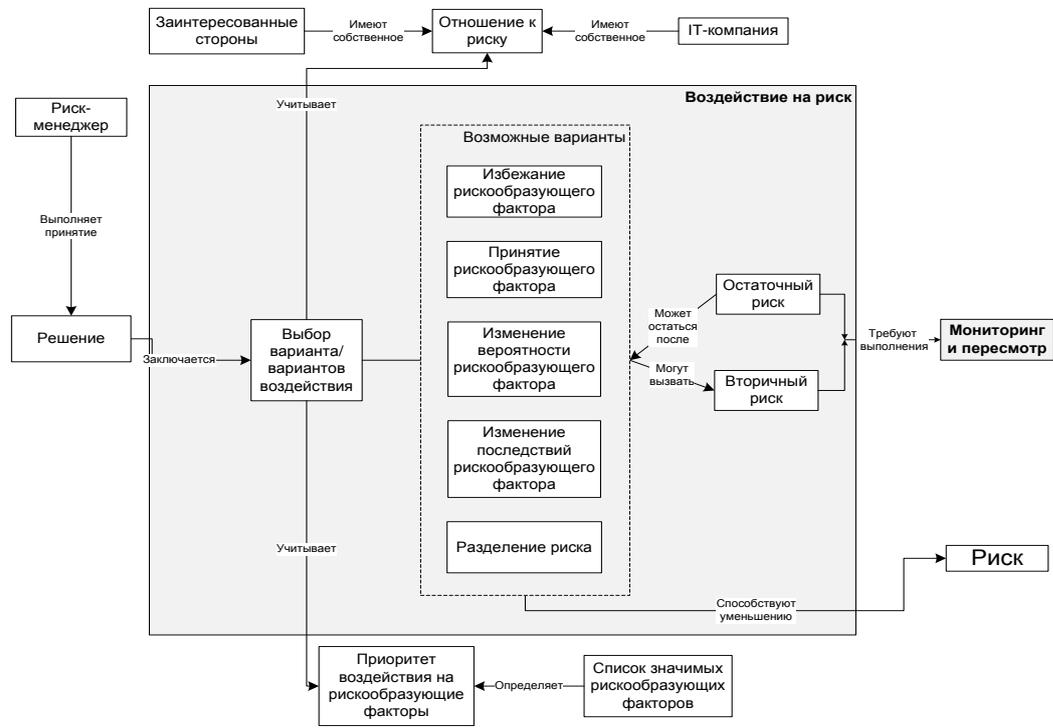


Рис. 2.12. Семантическая сеть процесса управления рисками: воздействие на риск

Избежание рискообразующего фактора — решение об исключении угрозы появления опасной ситуации или действий, связанных с возможностью ее возникновения.

Принятие рискообразующего фактора — осознанное решение о принятии возможных потерь, которые может вызвать проявление фактора.

Изменение вероятности рискообразующего фактора — изменение правдоподобности (вероятности) опасного события.

Изменение последствий рискообразующего фактора — изменение последствий опасного события,

Разделение риска — форма его обработки, включающая согласованное распределение риска между несколькими сторонами.

Процесс воздействия на риск является циклическим процессом, и может быть представлен алгоритмом, приведенным на рис. 2.13.

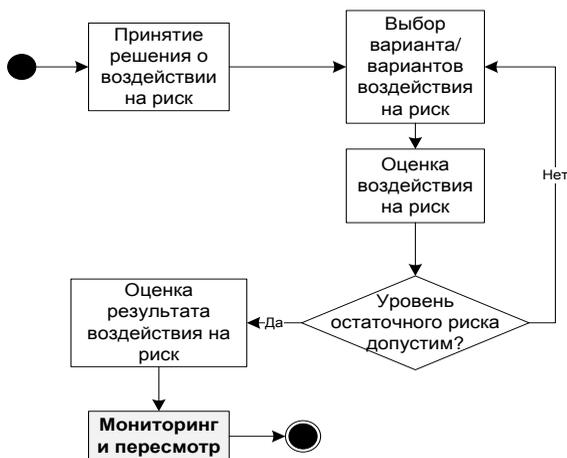


Рис. 2.13. Алгоритм воздействия на риск (обработка риска)

Остаточным риском называется риск, оставшийся после его обработки [37]. После выбора варианта воздействия согласно [36] необходимо выполнить оценку воздействия на риск, если уровень остаточного риска недопустим, то необходимо выбрать другой вариант воздействия. В противном случае рекомендуется

оценить эффективность воздействия на риск и провести запланированные мероприятия мониторинга и пересмотра.

Воздействие на риск может привести к появлению новых факторов, которые принято называть **вторичными рискообразующими факторами риска**. Они должны быть идентифицированы, проанализированы и оценены, возможные взаимосвязи вторичных и первоначальных рискообразующих факторов должны быть учтены на этапе мониторинга и пересмотра.

5. Этап мониторинга и пересмотра представляет собой комплекс мероприятий по контролю и анализу текущей ситуации (контекста) риска в соответствии с принятым регламентом [36], которые обуславливают эффективность управления рисками (рис. 2.14).

Мониторинг представляет собой проведение риск-менеджментом систематических проверок, надзора, обследования и определения состояния процессов управления рисками с целью идентификации изменений требуемого или ожидаемого уровня показателя риск-аппетита.

Пересмотр определен как деятельность, предпринимаемая для анализа пригодности, адекватности, результативности рассматриваемого объекта по отношению к достижению установленных целей.

Результаты мониторинга и пересмотра сохраняются в отчетности о риске, которая включает следующие документы:

реестр рискообразующих факторов (форма записи информации об идентифицированном риске);

профиль риска (набор сведений обо всех видах риска).

Отчетность о риске является формой обмена информацией о риске и предусматривает информирование соответствующих внутренних и внешних заинтересованных (причастных) сторон о текущем состоянии риска и менеджменте риска.

Помимо контроля текущего состояния риска на этапе мониторинга и пересмотра рекомендуется выполнять регулярный **аудит менеджмента риска** (систематический, независимый, документированный процесс получения свидетельств и оценки их объективности для установления степени адекватности и эффективности структуры менеджмента риска или ее части).



Рис. 2.14. Семантическая сеть процесса управления рисками: мониторинг и пересмотр

3. НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РЕЙТИНГА РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ

3.1. Общая постановка задачи

С точки зрения жизненного цикла управленческого решения задачи «Управление» и «Принятие решения» часто трактуются одинаково. Вместе с тем очевидно, что задача «Принятие решения» по управлению рисками есть постоянно реализуемая в процессе управления задача, направленная на определение множества мероприятий, позволяющих минимизировать влияние негативных последствий от проявления рискообразующих факторов на каждом этапе ЖЦ программного продукта (фазы разработки, продвижения, внедрения, эксплуатации). Руководство IT-компании принимает решение о реагировании на возможное проявление рискообразующих факторов, при этом в связи с ограниченностью ресурсов для управления рисками требуется провести анализ рискообразующих факторов, выделить факторы, оказывающие наибольшее негативное влияние на риски программного проекта.

Согласно вышеприведенной семантической модели управления рисками принятие решения по реагированию происходит на этапе анализа рискообразующих факторов (см. рис. 2.10) и заключается в расстановке приоритетов негативного влияния рискообразующих факторов на риски программного проекта. Приоритеты (рейтинги, ранги) рискообразующих факторов зависят от степени правдоподобности проявления фактора, силы его воздействия на цель/цели проекта и близости наступления фактора. Ранжирование рискообразующих факторов позволит лицу принимающему решение (ЛПР — риск-менеджер, менеджер проекта, руководитель IT-компании) выделить из всего перечня идентифицированных факторов наиболее значимые и тем самым установить приоритет воздействия на их проявление.

На этапе анализа рискообразующих факторов лицо принимающее решение с привлечением представителя заинтересованной стороны определяет правила оценивания характеристик рискообразующих факторов, к которым относятся:

- 1) вероятность проявления фактора;
- 2) сила воздействия фактора на цели;
- 3) критичность фактора;
- 4) близость наступления фактора.

Принятые правила оценивания могут быть представлены в виде числовых или качественных шкал, количество градаций которых зависит от специфики проекта, отношения организации к риску и процессу риск-менеджмента. ЛПР самостоятельно или совместно с экспертом и по согласованию с причастными сторонами оценивает вероятность проявления, силу воздействия и близость наступления каждого рискообразующего фактора, сопоставляя перечисленные характеристики со значениями из предоставленных шкал.

Формально после оценивания характеристик каждый рискообразующий фактор Z_i описывается набором характеристик $S = \{(p, (f_i), d, (k_i))\}$, в котором p, f, d и k принимают значения, принадлежащие выбранной шкале оценивания.

Рейтинг каждого рискообразующего фактора Z_i определяется как функция, зависящая от вероятности, силы воздействия и близости наступления: $\langle p, f, d \rangle \rightarrow r$.

Согласно существующим стандартам и методикам управления рисками [10, 15–18, 26–32, 36] для выделения наиболее значимых факторов ЛПР должен поставить в соответствие каждому фактору ранг, указывающий степень или уровень опасности фактора для целей этапа ЖЦ ПП. В стандартах рекомендуется оценивать уровень опасности в зависимости от вероятности проявления фактора и силы его воздействия на цели этапа.

Судя по приведенным в [10, 27] примерам, за ранг принимают целое число от 1 до m , где m — количество уровней опасности, зависящее от специфики этапа и/или отношения компании к риску, но точный способ перехода от качественных характеристик факторов к числовому значению ранга не указан. В этом случае можно предложить в качестве формализации перехода от качественных категорий к количественным алгоритмы нечеткого вывода и, соответственно, математический аппарат теории нечетких множеств.

Необходимо отметить, что введение нечеткости на этапе анализа рискообразующих факторов дополнительно обусловливается и отсутствием достоверных статистических данных о проекте в случаях, когда ЛПП не может четко определить границы между качественными категориями. К тому же аппарат теории нечетких множеств дает возможность формализации такого понятия как степень уверенности ЛПП в данной оценке. С учетом вышеизложенного обобщенную математическую модель оценки рейтинга рискообразующих факторов можно представить в виде кортежа $DM = \langle A, Z, RK, RR, \mathbf{XR} \mid S, \mathbf{R} \rangle$. Пусть задано:

$A = \{a_i\}$, $i = \overline{1, \alpha}$ — множество рисков программного проекта;

$Z = \{z_j\}$, $j = \overline{1, m}$ — множество рискообразующих факторов,

представленных в виде содержательной формулировки;

$RK = \{rk_{xy}\}$, $x = \overline{1, nP}$, $y = \overline{1, nF}$ — множество решающих правил, определяющих значение степени критичности фактора в зависимости от оценки вероятности проявления фактора и силы воздействия на цели проекта;

$RR = \{rr_{xy}\}$, $x = \overline{1, nK}$, $y = \overline{1, nD}$ — множество решающих правил, определяющих значение рейтинга фактора по конкретной цели проекта в зависимости от степени критичности фактора и близости его наступления;

$\mathbf{XR} = (xr_i)$, $i = \overline{1, \alpha}$ — вектор качественных или количественных нормативных (допустимых) значений риска (критерии риска).

Требуется определить множество характеристик рискообразующих факторов $S = \{(p, (f_i), d, (k_i))\}$, $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, \alpha}$, где p — оценка вероятности проявления фактора; (f_i) — вектор экспертных оценок силы воздействия фактора на i -й риск проекта; d — экспертная оценка близости наступления фактора. Характеристики могут принимать как качественные значения («высокая» вероятность), так и количественные (вероятность — 0,9); (k_i) — степень критичности фактора относительно i -го риска. $\mathbf{R}_j = (r_i)$ — рейтинг рискообразующих факторов z_j по риску a_i .

3.2. Нечеткая модель и алгоритмы вычисления рейтинга рискообразующих факторов

Для описания модели введем следующие пояснения основных терминов теории нечетких множеств:

1) нечеткая переменная — кортеж вида

$$\langle \alpha, X, A \rangle,$$

где α — имя нечеткой переменной;

X — область определения нечеткой переменной;

A — нечеткое множество на универсуме X ;

2) лингвистическая переменная — кортеж вида

$$\langle \beta, T, X, M \rangle,$$

где β — имя лингвистической переменной;

T — множество значений (термов) лингвистической переменной;

X — универсум нечетких переменных;

M — семантическая процедура, формирующая нечеткие множества для каждого терма данной лингвистической переменной;

3) нечеткое высказывание — высказывание вида

$$\langle \beta \text{ IS } t \rangle,$$

где t — один из термов этой переменной;

4) правило нечетких продукций (далее «правило») — правило вида «ЕСЛИ ... ТО ...», где в качестве условий и заключений используются нечеткие высказывания.

Для вычисления степени критичности рискообразующих факторов использован алгоритм нечеткого вывода Мамдани [57].

Для категорий шкал, описываемых правилами «меньше чем» и «больше чем», можно использовать S -функции и Z -функции, являющиеся частными случаями трапециевидной функции принадлежности (рис. 3.1).

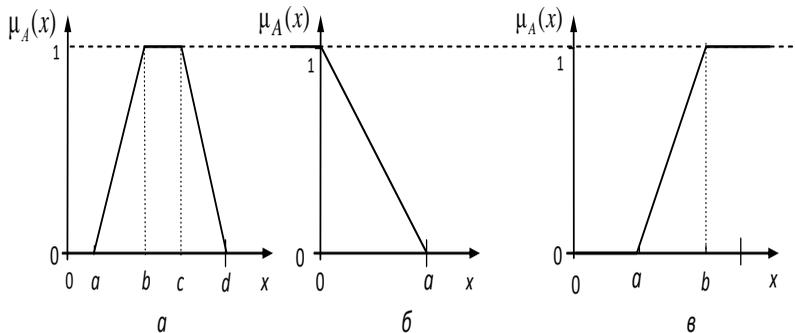


Рисунок 3.1 — Виды функций принадлежности: *a* — трапецевидная функция принадлежности; *б* — S-функция; *в* — Z-функция

Математические выражения перечисленных функций принадлежности выглядят следующим образом:

$$1) \text{ трапецевидная функция: } \mu_A(a, b, c, d, x) = \begin{cases} 0, & x < a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ 1, & b \leq x \leq c; \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d; \\ 0, & d \leq x; \end{cases}$$

$$2) \text{ Z-функция: } \mu_A(a, x) = \begin{cases} 1, & x < 0; \\ \frac{a-x}{a}, & x \leq a; \\ 0, & x > a; \end{cases}$$

$$3) \text{ S-функция: } \mu_A(a, b, x) = \begin{cases} 0, & x < a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ 1, & x > b. \end{cases}$$

Коэффициенты функций a , b , c , d задаются экспертами на основании выбранных шкал оценивания. В этом случае алгоритм определения рейтинга рискообразующих факторов (рис. 3.2) может быть представлен следующей последовательностью шагов:

- 1) выбор шкал оценивания характеристик рискообразующего фактора;
- 2) определение базы правил оценивания критичности рискообразующего фактора;
- 3) определение базы правил оценивания рейтинга фактора;
- 4) вычисление критичности рискообразующего фактора;
- 5) вычисление рейтинга рискообразующего фактора;
- 6) ранжирование набора рискообразующих факторов по значениям рейтинга.

Шаг 1: выбор шкал оценивания характеристик рискообразующего фактора

Значения показателей вероятности проявления и силы воздействия на цели проекта могут оцениваться риск-менеджерами проектов как в количественных, так и качественных шкалах.

Среди количественных методов оценки вероятности рискообразующих факторов и их влияния на цели проекта наиболее часто используется метод PERT-анализа (Project Evaluation and Review Technique) [58]. Суть его заключается в том, что для каждой характеристики эксперту необходимо указывать три оценки: оптимистическую, наиболее вероятную (реалистическую) и пессимистическую.

Вероятность наступления рискообразующих факторов можно вычислять по формуле

$$P(x_j) = \left[p_1(x_j) + 4p_2(x_j) + p_3(x_j) \right] / 6,$$

где $p_1(x_j)$, $p_2(x_j)$, $p_3(x_j)$ — оптимистическая, пессимистическая и реалистическая вероятности наступления фактора.

Для формализации описания рискообразующих факторов в [10] предлагается использовать фиксированную для конкретного проекта шкалу оценок, позволяющую связать качественное и количественное описания, при этом интервалы оценок вероятностей и воздействий ввиду присутствия неопределенности могут пересекаться.

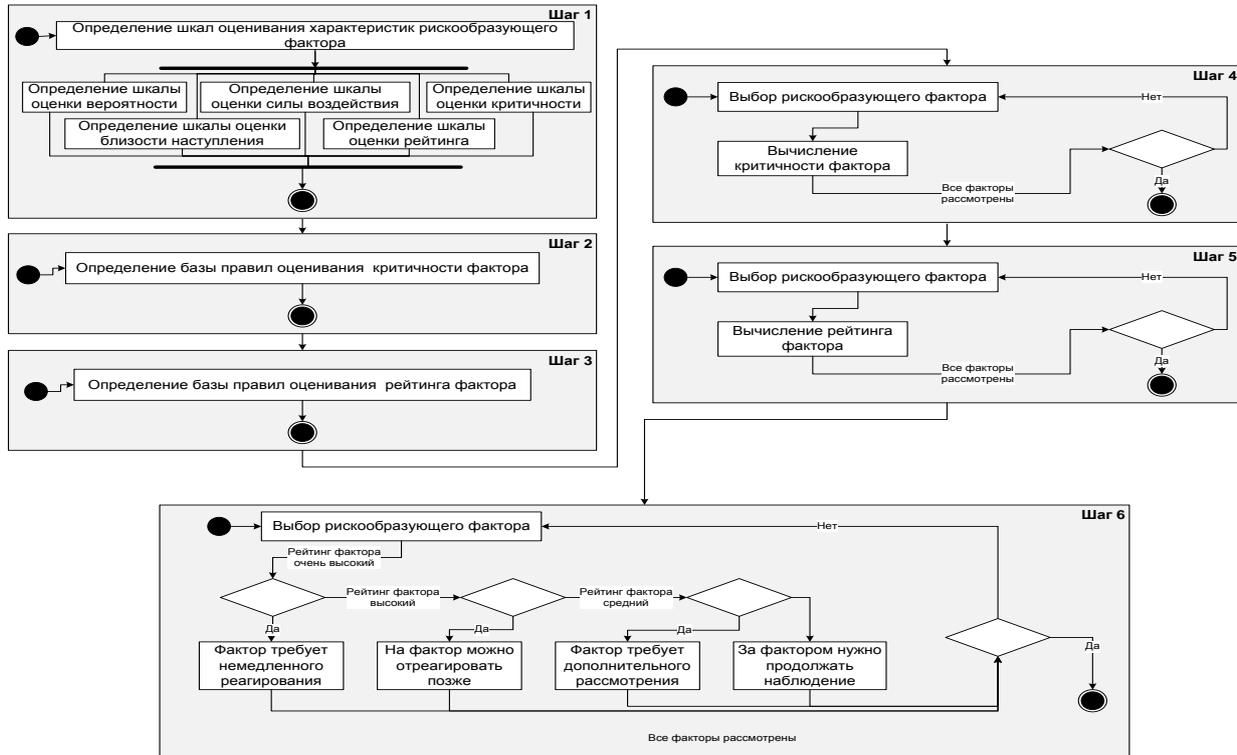


Рис. 3.2. Алгоритм определения рейтинга рискообразующих факторов

**Выбор шкалы оценивания вероятности проявления
рискообразующих факторов**

Выбор шкалы оценивания заключается в определении количества интервалов шкалы, названия каждого интервала и общепринятых числовых значений вероятности, соответствующих каждому интервалу. Оценивание вероятности проявления рискообразующих факторов сводится к заполнению шаблона, созданного на основе произведенного выбора (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Шаблон шкалы оценивания вероятности проявления

Качественное значение вероятности	Категория 1	Категория 2	...	Категория N
Интервальное значение вероятности	Менее XX	От XX – до XX	...	Выше XX

В табл. 3.2 приведен пример шкалы оценивания вероятности проявления рискообразующих факторов.

Таблица 3.2

Вероятность проявления рискообразующих факторов

Вероятность	Очень низкая	Низкая	Умеренная	Высокая	Очень высокая
Интервал	Менее 0,15	[0,1; 0,4]	[0,2; 0,6]	[0,5; 0,9]	Более 0,8

Оценку вероятности в терминах нечеткой логики наступления фактора $z_j, j = 1, m$ предлагается описать в виде лингвистической переменной $\langle p, T_p, [0, 1], M_p \rangle^6$, где p — «Оценка вероятности проявления рискообразующего фактора»;

T_p — {«Очень низкая» ОН; «Низкая» Н; «Умеренная» У; «Высокая» В; «Очень высокая» ОВ};

⁶ Пример описания лингвистической переменной «Оценка вероятности наступления фактора» приведен в соответствии с табл. 3.2.

M_p — процедура задания на универсуме $[0; 1]$ значений лингвистической переменной, т. е. термов из множества T_p .

Для лингвистической переменной p согласно табл. 3.2 множество T_p определено следующим образом:

$$T_p = \{\mu_{\text{ОН}}(0,15; x); \mu_{\text{Н}}(0,1; 0,18; 0,3; 0,4; x); \\ \mu_{\text{У}}(0,2; 0,35; 0,45; 0,6; x); \\ \mu_{\text{В}}(0,5; 0,63; 0,77; 0,9; x), \mu_{\text{ОВ}}(0,8; 1; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной p , представлены на рис. 3.3.

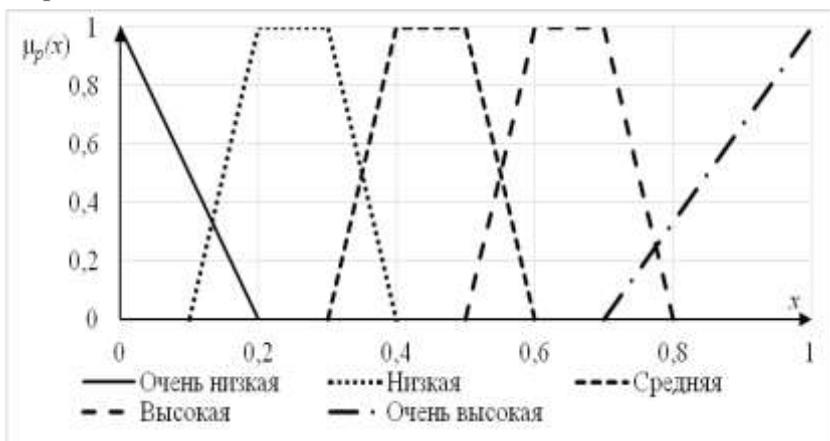


Рис. 3.3. Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Оценка вероятности проявления»

Выбор шкалы оценивания силы воздействия рискообразующих факторов на цели проекта

Сила воздействия рискообразующих факторов на цели проекта отражает меру негативных последствий при проявлении конкретного рискообразующего фактора:

- срыв плановых сроков;
- превышение стоимости (бюджета);

- критические отклонения по составу и содержанию (невыполнение функциональных требований);
- критические отклонения по показателям качества (невыполнение нефункциональных требований).

Для определения шкалы оценивания необходимо заполнить шаблон (табл. 3.3), устанавливающий взаимосвязь качественных категорий, используемых для оценивания силы воздействия с их численными представлениями.

Таблица 3.3

Шаблон шкалы оценивания силы воздействия

Качественное описание силы воздействия	Категория 1	Категория 2	...	Категория N
Интервальное описание силы воздействия	Менее XX	От XX – до XX	...	Выше XX

Пример описания силы воздействия рискообразующих факторов на цели программного проекта представлен в таблице 3.4.

Например, в качестве численного представления силы воздействия могут выступать интервальные оценки возможных потерь в процентах, граничные значения интервалов определяются риск-менеджером и менеджером проекта на основе собственных знаний, специфики проекта и отношения к риску.

Для описания силы воздействия рискообразующего фактора $z_j, j = \overline{1, m}$ на риск проекта $a_i, i = \overline{1, \alpha}$ в терминах нечеткой логики предлагается лингвистическая переменная $\langle f_i, T_{f_i}, [0, 100], M_f \rangle^7$, где f_i — «Оценка силы воздействия фактора на i -ю цель проекта»; T_{f_i} — {«Незначительная» Н; «Умеренная» У; «Высокая» В; «Критическая» К; «Катастрофическая» КТ}; M_f — процедура задания на универсуме $[0, 100]$ значений лингвистической переменной.

⁷ Пример лингвистической переменной, описывающей силу воздействия фактора на бюджет проекта, приведен в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Описание возможных потерь программного проекта

Сила воздействия рискообразующего фактора	Возможные потери программного проекта			
	Стоимость	Сроки	Функционал	Качество
Незначительная	Незначительное увеличение стоимости	Незначительное увеличение времени	Едва заметное уменьшение содержание	Едва заметное понижение качества
Умеренная	Увеличение стоимости менее 10 %	Увеличение времени менее 5 %	Затронуты второстепенные области содержания	Затронуты только самые трудоемкие приложения
Высокая	Увеличение стоимости 10–20 %	Увеличение времени 5–10 %	Затронуты основные области содержания	Для понижения качества требуется одобрение заказчика
Критичная	Увеличение стоимости 20–40 %	Увеличение времени 10–20 %	Уменьшение содержания неприемлемо для заказчика	Понижение качества неприемлемо для заказчика
Катастрофическая	Увеличение стоимости менее 40 %	Увеличение времени менее 20 %	Конечный продукт проекта практически бесполезен	Конечный продукт проекта практически бесполезен

Для лингвистической переменной f_i множество T_{f_i} определено следующим образом:

$$T_{f_i} = \{\mu_H(1; x); \mu_Y(10; x); \mu_B(10; 13; 17; 20; x); \mu_K(20; 25; 35; 40; x), \mu_{КТ}(40; 100; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной f_i , представлены на рис. 3.4.

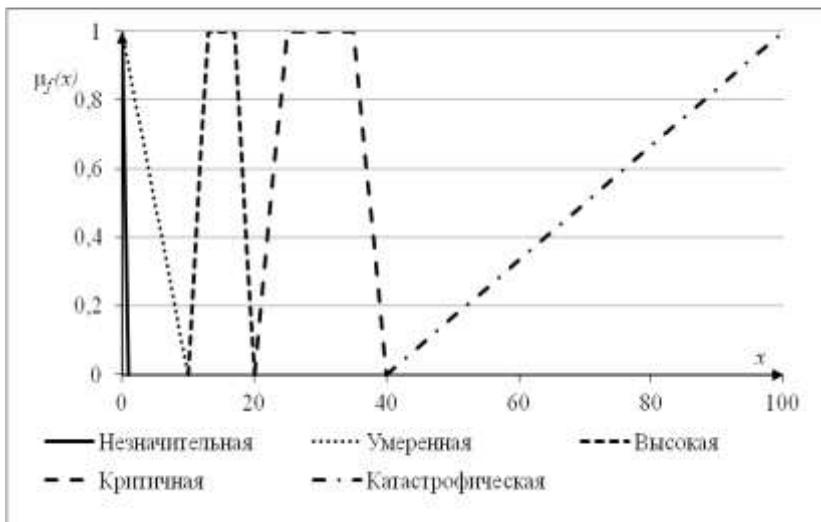


Рис. 3.4. Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Сила воздействия фактора на бюджет проекта»

Выбор шкалы оценивания критичности рискообразующих факторов

Стандарты и современные практики управления рисками [10, 15–18, 26–32, 36] рекомендуют выделять множество факторов, оказывающих критическое влияние на цели и требующих скорейшего реагирования на них. Критичность фактора для конкретной цели проекта является величиной, зависящей от вероятности проявления фактора и силы его воздействия на указанную цель.

Аналогично описанным ранее характеристикам, необходимо выбрать шкалу оценивания критичности, т. е. определить количество градаций шкалы, поставить в соответствие качественным названиям градаций количественные значения, в качестве которых для оценки критичности могут быть использованы оценки в баллах.

Пример шкалы для оценивания критичности приведен в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Шкала оценивания критичности фактора

Качественное значение	Несущественная	Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая	Очень высокая
Интервал	Менее 1	1–3	2–5	4–6	5–8	Более 7

Оценка степени критичности $k_i, i = \overline{1, \alpha}$ фактора z_j для риска a_i в терминах нечеткой логики определяется лингвистической переменной

$$\langle k_i, T_{k_i}, [0, 10], M_k \rangle,$$

где k_i — «Оценка силы воздействия фактора на i -ю цель проекта»;

T_{k_i} — {«Несущественная» НС; «Низкая» Н, «Умеренная» У, «Средняя» С, «Высокая» В, «Очень высокая» ОВ};

M_k — процедура задания на универсуме $[0, 10]$ значений лингвистической переменной.

Для лингвистической переменной k_i множество T_{k_i} определено следующим образом:

$$T_{f_i} = \{\mu_{НС}(1; x), \mu_{Н}(1; 1,5; 2,5; 3; x), \mu_{У}(2; 3; 4; 5; x), \mu_{С}(4; 4,5; 5,5; 6; x), \mu_{В}(5; 6; 7; 8; x), \mu_{ОВ}(7; 10; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной k_i , представлены на рис. 3.5.

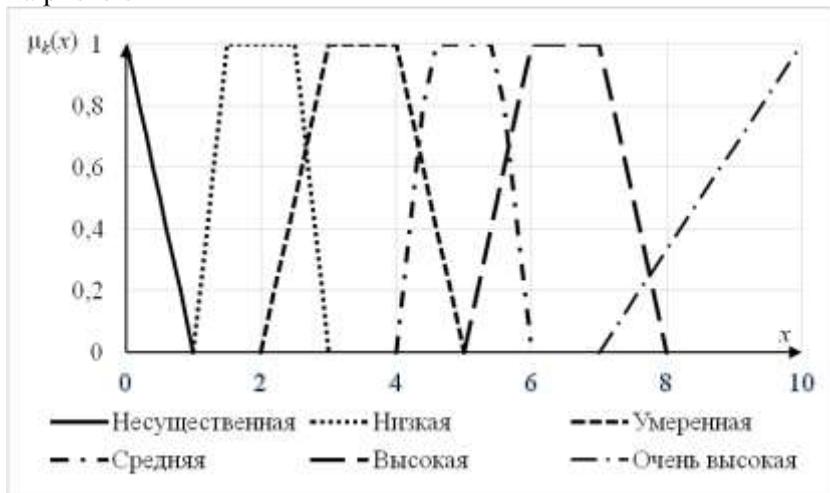


Рис. 3.5. Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Критичность рискообразующего фактора»

Выбор шкалы оценивания близости наступления рискообразующих факторов

Наряду с описанными выше характеристиками факторов немаловажной является и характеристика близости наступления фактора. Шкала оценки близости время проявления факторов определяется лицом принимающим решение с учетом специфики и целей проекта, состоит из набора качественных категорий, с помощью которых можно оценить время проявления фактора, в соответствии с которым поставлены временные интервалы (в днях, неделях, месяцах). Пример шкалы оценивания близости наступления рискообразующих факторов приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Шкала оценивания близости наступления фактора

Качественное значение	Очень нескоро	Не очень скоро	Очень скоро
-----------------------	---------------	----------------	-------------

Количественное значение	Больше чем через 8 (дней/недель /месяцев)	От 5 до 10 (дней/недель /месяцев)	Меньше чем через 5 (дней/недель /месяцев)
-------------------------	---	-----------------------------------	---

Очевидно, что факторы с высокой степенью критичности и близким сроком проявления требуют реагирования более быстрого, чем факторы, критичность которых ниже, а время вероятного проявления наступит еще нескоро. Для вычисления рейтинга необходимо оценить время возможного проявления фактора, используя для оценки заданную шкалу.

В терминах нечеткой логики оценка близости наступления рискообразующего фактора представляется лингвистической переменной $\langle d, T_d, [0, 12], M_d \rangle$, где d — «Оценка близости наступления фактора»; T_d — {«Очень нескоро» ОН, «Не очень скоро» Н, «Очень скоро» ОС}; M_d — процедура задания на универсуме $[0, 12]$ значений лингвистической переменной.

Множество T_d лингвистической переменной на основании выбранной шкалы оценивания (табл. 3.6) определено следующим образом:

$$T_d = \{\mu_{ОС}(5; x); \mu_{Н}(5; 7; 8; 10; x); \mu_{НС}(8; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной d , представлены на рис. 3.6.



Рис. 3.6. Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Оценка близости наступления рискообразующего фактора»

Выбор шкалы оценивания рейтинга рискообразующих факторов

Рекомендуется выделять следующие категории рискообразующих факторов [10]:

- факторы, требующие немедленного реагирования;
- факторы, реагирование на которые можно выполнить позже;
- факторы, требующие дополнительного рассмотрения;
- факторы, требующие продолжения наблюдения.

Самый высокий рейтинг присваивается факторам, требующим немедленного реагирования, и соответственно, самый низкий рейтинг — рискообразующим факторам, критичность которых невысока и их наступление отложено на длительный срок.

С учетом этих рекомендаций в табл. 3.7 представлена возможная шкала качественной и количественной оценки рейтинга факторов.

Таблица 3.7

Шкала оценивания рейтинга рискообразующего фактора

Качественное значение	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
Интервал	8–10	5–9	2–6	0–4

В терминах нечеткой логики оценка рейтинга представляется лингвистической переменной

$$\langle r_i, T_r, [0, 10], M_r \rangle,$$

где r_i — «Оценка рейтинга фактора по i -й цели»;

T_r — {«Низкий» Н; «Средний» С; «Высокий» В; «Очень высокий» ОВ};

M_r — процедура задания на универсуме $[0; 10]$ значений лингвистической переменной.

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной r согласно выбранной шкале, представлены на рис. 3.7.

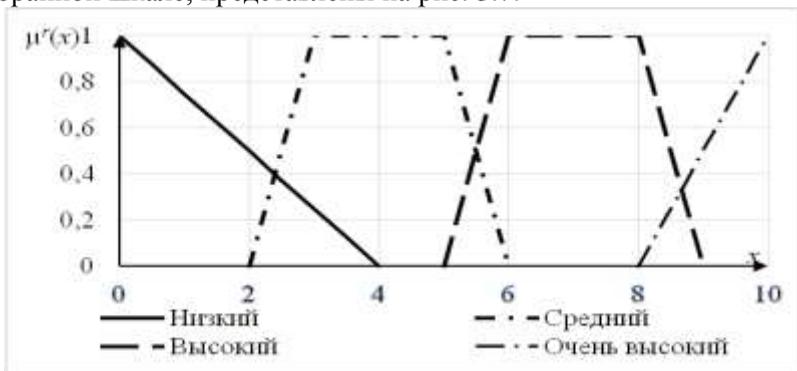


Рис. 3.7. Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Оценка рейтинга рискообразующего фактора»

Шаг 2: определение базы правил оценивания критичности фактора.

ЛПР, используя шкалы оценки характеристик, заданных на предыдущем шаге алгоритма, определяет правила оценивания критичности фактора в зависимости от оценки вероятности и силы воздействия фактора на цели. Формально правила оценки критичности могут быть записаны в виде матрицы $\mathbf{RK}_{(nP \times nF)}$, количество строк которой равно количеству градаций шкалы

оценки вероятности, а количество столбцов — количеству градаций шкалы оценки силы воздействия фактора на цель или цели.

Элементам матрицы **РК** ЛПР присваивает значения, принадлежащие диапазону возможных значений критичности:

$$rk_{ij} = K_i, i = \overline{1, nK}.$$

Матрица **РК**, исходя из способа ее определения, представляет собой базу продукционных правил «ЕСЛИ ТО». Посылками (антецедентами) правил являются конъюнкции оценок вероятности и силы воздействия, заключениями (консеквентами) — оценки критичности фактора.

Ниже приводится пример базы правил оценивания критичности фактора (табл.3. .8), выполненный с учетом шкал оценивания, заданных в табл. 3.2, 3.4 и 3.5.

Таблица 3.8

Правила оценки степени критичности фактора

Вероятность проявления фактора	Степень критичности фактора в зависимости от силы его воздействия				
	Незначительная	Умеренная	Высокая	Критичная	Катастрофическая
Очень высокая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая	Очень высокая
Высокая	Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая	Очень высокая
Умеренная	Несущественная	Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая
Низкая	Несущественная	Низкая	Низкая	Умеренная	Умеренная
Очень низкая	Несущественная	Несущественная	Низкая	Низкая	Умеренная

Шаг 3: определение базы правил оценивания рейтинга фактора

На этом шаге ЛПР определяет правила оценивания рейтинга. Как уже было отмечено ранее, при прочих равных условиях факторам, которые могут проявиться уже завтра, следует сегодня

уделять больше внимания, чем тем, которые могут произойти не ранее чем через полгода.

Поэтому логично определить правила оценки рейтинга в виде матрицы $\mathbf{RR}_{(nK \times nD)}$, количество строк которой равно количеству градаций шкалы оценки критичности, а количество столбцов — количеству градаций шкалы оценки близости возможного проявления фактора. Элементам матрицы \mathbf{RR} ЛППР присваивает значения, принадлежащие диапазону возможных значений рейтинга: $rr_{ij} = R_i, i = \overline{1, nR}$.

В табл. 3.9 приведен пример базы правил оценивания рейтинга, выполненный на основании ранее приведенных шкал оценивания (табл. 3.5–3.7).

Таблица 3.9

Правила оценки рейтинга

Близость наступления фактора	Рейтинг фактора при разной степени его критичности					
	Несущественная	Низкая	Умеренная	Средняя	Высокая	Очень высокая
Очень скоро	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий	Очень высокий	Очень высокий
Не очень скоро	Низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий	Очень высокий
Очень нескоро	Низкий	Низкий	Низкий	Средний	Средний	Высокий

Шаг 4: вычисление критичности фактора

Выбор рискообразующего фактора $z_j \in Z$ и вычисление его критичности по целям как функции $\langle p, (f_i) \rangle_{\mathbf{RK}_{(nP \times nF)}} \rightarrow (k_i)$.

Для вычисления степени критичности рискообразующего фактора предлагается использовать алгоритм логического вывода Мамдани [57]. Алгоритм использует базу правил $\mathbf{RK}_{(nP \times nF)}$, построенную на 2-ом шаге алгоритма. Исходя из способа построения $\mathbf{RK}_{(nP \times nF)}$, входными данными алгоритма являются оценки вероятности рискообразующего фактора и сила его воз-

действия на цели проекта. Выходными данными алгоритма является оценка степени критичности фактора.

При выполнении логического вывода в алгоритме Мамдани для определения степени истинности условий по каждому из правил используется правило *min*-конъюнкции:

$$T(\mu^p(x), \mu^f(x)) = \min(\mu^p(x), \mu^f(x)), \quad (3.1)$$

где $\mu_p(x), \mu_f(x)$ — значения из соответствующих терм-множеств лингвистических переменных p и f . Степень истинности заключений каждого из элементарных логических высказываний в случае истинностных значений посылок, не равных 0, определяется по правилу *min*-активизации:

$$\mu^k(x) = \min(\mu^p(x), \mu^f(x)). \quad (3.2)$$

Графическая интерпретация результата расчетов при заданной вероятности возможного проявления фактора 0,75 (Высокая) и силе воздействия 25 (Критичная) представлена на рис. 3.8.

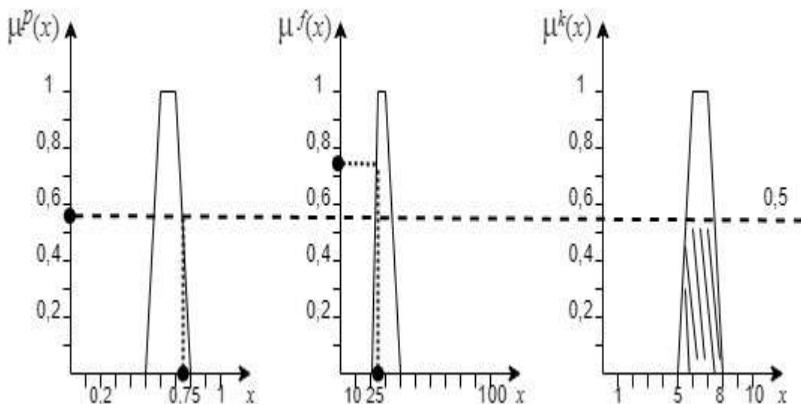


Рис. 3. 8. Определение степени истинности посылок и логического заключения

Далее следует пояснить, что в случае выбора экспертами непересекающихся градаций шкал оценивания характеристик рискообразующего фактора истинностное значение антецедентов, отличное от нуля, для известных оценок вероятности проявления фактора и его силы воздействия на конкретную цель будет

существовать в единственном варианте.

Таким образом, после вычислений по формулам (3.1, 3.2) будет найдена степень истинности заключения, значение которой будет использоваться при вычислении числового представления критичности рискообразующего фактора.

В случае пересекающихся градаций шкал оценивания, истинностные значения посылок, отличные от нуля, могут формировать два и более правил. Если два или более правил имеют на заданных посылках истинностные значения и из них следует одно и то же заключение с разной степенью истинности, то для определения степени истинности заключения используется правило *max-дизъюнкции*:

$$\mu_{A \vee B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)). \quad (3.3)$$

Графическая интерпретация правила приведена на рисунке 3.9.

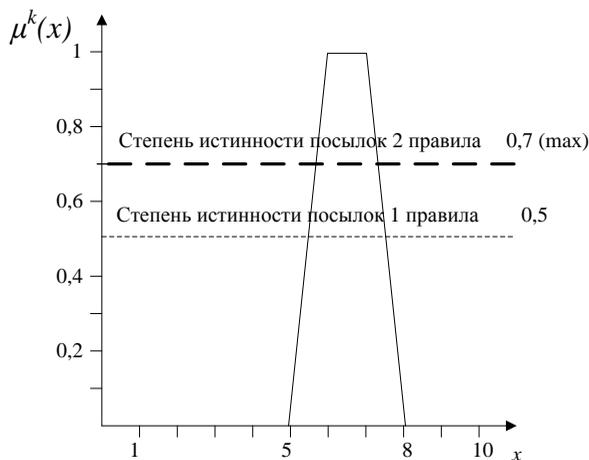


Рис. 3.9. Правило *max-дизъюнкции*

Получение точечной оценки степени критичности выполняется по методу нахождения центра тяжести:

$$y = \frac{\int_{\min}^{\max} x\mu(x)}{\int_{\min}^{\max} \mu(x)}, \quad (3.4)$$

где \min и \max — границы полученного нечеткого множества.

Например, на рисунке 3.10 демонстрируется, что при оценке вероятности рискообразующего фактора 0,75 («Высокая» со степенью истинности 0,5 и «Очень высокая» со степенью истинности 0,17) и оценке силы воздействия фактора на бюджет проекта 25 («Критичная» со степенью истинности 1) истинностные значения принимают посылки двух правил (согласно табл. 3.8):

- 1) «Если вероятность **Высокая** и сила воздействия **Критичная**, то критичность фактора **Высокая**»,
- 2) «Если вероятность **Очень Высокая** и сила воздействия **Критичная**, то критичность фактора **Очень Высокая**».

Используя формулы (3.1, 3.2, 3.3) критичность рискообразующего фактора с такими характеристиками может быть описана нечетким множеством, описываемым функцией принадлежности, представленной на рисунке 3.10.

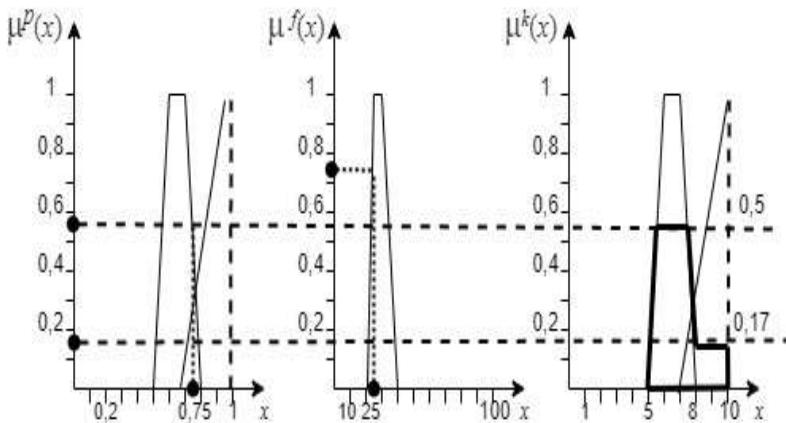


Рис. 3.10. Вычисление точечного значения

В качестве числового значения такой нечеткой переменной принимается центр тяжести фигуры, ограниченной линией функции и минимальным и максимальным значениями нечеткого числа.

Шаг 5: вычисление рейтинга

Выбор рискообразующего фактора $z_j \in Z$ и вычисление его рейтинга по целям проекта как функции $\langle (k_i), d \rangle_{\mathbf{RR}_{(nD \times nK)}} \rightarrow (r_i)$.

Для вычисления рейтинга используется алгоритм Мамдани [57], входными данными для которого являются оценка критичности фактора, вычисленная на предыдущем шаге алгоритма, и оценка близости наступления фактора. Выходной переменной на этом шаге алгоритма является оценка рейтинга рискообразующего фактора.

Вычисление оценок рейтинга рискообразующего фактора выполняется с помощью базы правил \mathbf{RR} , при этом используется описанная выше схема логического вывода с применением формул (3.1–3.4).

Шаг 6: ранжирование набора факторов по значениям рейтинга

После вычисления оценок рейтинга для каждого фактора из общего набора выделяются множества рискообразующих факторов, негативно влияющих на конкретную цель. Следует отметить, что один фактор может влиять на несколько целей одновременно, поэтому выделенные множества могут пересекаться.

В [10] рекомендуется выделять следующие категории опасности последствий от проявления рискообразующих факторов:

- рейтинг очень высокий — рискообразующие факторы, требующие немедленного реагирования;
- рейтинг высокий — рискообразующие факторы, реагирование на которые можно выполнить позже;
- рейтинг средний — рискообразующие факторы, требующие дополнительного рассмотрения (включая количественный анализ);
- рейтинг низкий — рискообразующие факторы, за которыми в дальнейшем должно проводиться наблюдение.

Использование нечеткой модели расчета рейтинга рискообразующих факторов позволяет ЛППР получить числовое выраже-

ние рейтинга рискообразующих факторов, основанное на качественных оценках близости наступления и критичности факторов, ранжировать их по степени критичности влияния на цели этапа, выделяя факторы, требующие немедленного реагирования.

3.3. Оценка рейтинга рискообразующих факторов при заключении контракта на оказание услуги по адаптации и внедрению программного продукта

Основными этапами жизненного цикла предоставления услуги по адаптации и внедрению ПП являются:

- 1) информационное обследование бизнес-процессов организации-заказчика;
- 2) принятие решения о реорганизации бизнес-процессов организации-заказчика и/или доработки базового функционала ПП;
- 3) разработка концептуальной модели информационной системы и архитектуры ПП;

4) адаптация функционала ПП к существующим у заказчика программным системам;

5) опытная эксплуатация ПП, включая доработку технической документации и обучение пользователей;

6) внедрение ПП.

Успешное проведение этих работ связано с рядом проблем, основными из которых являются следующие:

- представители организации-заказчика принимают решение о приобретении ПП, основываясь либо на опыте внедрения данного ПП на других предприятиях, либо на рекламных материалах и презентациях компании-исполнителя (разработчика или посредника), по которым не всегда можно оценить предлагаемый функционал ПП и качество сервисов по его адаптации и развитию;

- представители компании-исполнителя слабо представляют особенности организации бизнес-процессов у организации-заказчика, а имеющийся у них опыт внедрения на других предприятиях ввиду различия организации бизнес-процессов не всегда подходит. Кроме того, имеет место неоднозначное понимание функционала ПП и требований к нему со стороны сотрудников организаций;

- объемы и содержание работ по доработке функционала ПП во многом зависят от качества сервисов по адаптации и развитию функционала базовой конфигурации ПП и на стадии заключения контракта не поддаются точной оценке.

Перед заключением контракта необходимо оценить возможные риски и рискообразующие факторы, которые могут возникнуть при предоставлении такой услуги.

Идентификация рисков и рискообразующих факторов

В данном случае с учетом введенного ранее понятия «риск» при адаптации и внедрении ПП под риском будем понимать событие или явление, которое может возникнуть в процессе выполнения условий контракта, прописанных в конкурсной документации и негативно повлиять на его завершение.

В таблице 3.10 представлено описание множества рискообразующих факторов, которые, по мнению ЛПР, могут возникнуть при заключении контракта.

Таблица 3.10

Описание рискообразующих факторов

Фактор	Условия возникновения	Последствия	Воздействие на цели
Государство и рынок			
Изменение разработчиком поставляемых версий ПП в период реализации проекта z_1	Изменение нормативно-правового регулирования бизнес-процессов. Развитие функционала по итогам рекомендаций пользователей ПП	Слабый уровень владения сотрудниками, реализующими внедрение, новой версией ПП. Дополнительный объем работ по адаптации нового функционала ПП	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем
Потребители			
Отсутствие четкой формулировки и полноты требований, прописанных в конкурсной документации z_2	Отсутствие опыта и/или низкая квалификация сотрудников заказчика, готовивших конкурсную документацию.	Несоответствие характеристик качества ПП требованиям контракта. Несоответствие реализованного функционала ПП требованиям заказчика. Дополнительный объем работ по доработке ПП	Критические отклонения при реализации функциональных и нефункциональных требований (требований к качеству) к ПП изложенных в конкурсной документации
Изменение требований к ПП со стороны заказчика в процессе реализации контракта z_3	Изменение нормативно-правового регулирования бизнес-процессов. Низкий уровень квалификации сотрудников заказчика по информационным технологиям. Отсутствие четко регламентированных прав и обязанностей сторон, прописанных в контракте	Дополнительный объем работ команды разработки по доработке ПП	Срыв плановых сроков исполнения контракта. Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем

Продолжение табл. 3.10

Фактор	Условия возникновения	Последствия	Воздействие на цели
Потребители			
Незаинтересованность пользователей во внедрении ПП z_4	Отсутствие у пользователей мотивации по внедрению ПП. Слабое влияние ПП на совершенствование бизнес-процессов. Несоответствие реализованного функционала ПП бизнес-процессам	Активное или пассивное сопротивление сотрудников заказчика. Невозможность внедрения ПП. Дополнительный объем работ команды разработки по доработке ПП	Срыв плановых сроков исполнения контракта
Незаинтересованность пользователей в обучении использованию ПП z_5	Отсутствие у пользователей мотивации по внедрению ПП. Загруженность пользователей по основной работе	Временное увеличение нагрузки пользователей. Саботаж сотрудников заказчика. Формальное отношение пользователей к внедрению ПП	Срыв плановых сроков исполнения контракта
Незаинтересованность руководства во внедрении ПП z_6	Несоответствие функционала ПП требованиям заказчика. Консерватизм руководителей. Слабое влияние результатов внедрения ПП на эффективность бизнеса. Отсутствие или недостаточный уровень рекламы ПП. Неправильные действия менеджера проекта по вовлечению в проект руководителей	Формальное участие представителей заказчика в реализации проекта. Саботаж отдельных сотрудников. Отказ от проекта.	Срыв плановых сроков исполнения контракта

Продолжение таблицы 3.10

Фактор	Условия возникновения	Последствия	Воздействие на цели
Технология управления разработкой			
Недостаточный опыт менеджера проекта в оценках трудоемкости и сроков работ по проекту z_7	<p>Недостаточность или отсутствие опыта менеджера проекта в оценках трудоемкости и сроков работ.</p> <p>Отсутствие четкой формулировки и полноты требований со стороны заказчика</p>	<p>Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта.</p> <p>Дополнительный объем работ сотрудников команды разработки.</p>	<p>Срыв плановых сроков исполнения контракта.</p> <p>Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем</p>
Слабая организация планирования и контроля выполнения этапов проекта z_8	<p>Ошибки в оценке сроков и объемов работ по проекту, определяемых заказчиком.</p> <p>Недостаточный опыт менеджера проекта</p>	<p>Неравномерное распределение нагрузки на сотрудников лаборатории.</p> <p>Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта</p>	<p>Срыв плановых сроков исполнения контракта.</p>
Продукт			
Несоответствие базовых функциональных характеристик ПП потребностям пользователей z_9	<p>Некорректная постановка задачи заказчиком.</p> <p>Неверная интерпретация исполнителем требований заказчика.</p> <p>Отсутствие промежуточных точек контроля процесса выполнения проекта.</p> <p>Слабые знания исполнителями проекта особенностей бизнес-процессов</p>	<p>Дополнительные работы по изменению типовой конфигурации.</p>	<p>Срыв плановых сроков исполнения контракта.</p> <p>Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем</p>

Окончание таблицы 3.10

Фактор	Условия возникновения	Последствия	Воздействие на цели
Команда проекта			
Нестабильность команды проекта z_{10}	<p>Межличностные конфликты между членами команды.</p> <p>Неудовлетворительные условия труда.</p> <p>Низкая мотивация членов команды</p>	<p>Временное увеличение нагрузки на сотрудников лаборатории. Привлечение к работам по проекту сторонних специалистов</p>	<p>Срыв плановых сроков исполнения контракта.</p> <p>Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем</p> <p>Критические отклонения при реализации нефункциональных требований к ПП изложенных в конкурсной документации</p>
Низкий уровень взаимозаменяемости в команде проекта z_{11}	<p>Нестабильная кадровая ситуация в лаборатории.</p> <p>Недостаточная численность команды разработчиков.</p> <p>Разный уровень квалификации членов команды разработки</p>	<p>Дополнительные затраты времени и денежных средств на дополнительное обучение членов команды.</p>	<p>Срыв плановых сроков исполнения контракта.</p> <p>Превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем</p>

При выполнении контракта следует ожидать три варианта негативных событий (три типа рисков):

- 1) срыв плановых сроков исполнения контракта;
- 2) превышение стоимости (бюджета) контракта исполнителем;
- 3) критические отклонения при реализации функциональных и нефункциональных требований (требований к качеству) к ПП изложенных в конкурсной документации.

Выделение значимых рискообразующих факторов

Шаг 1. Выбор шкал оценивания характеристик рискообразующих факторов

В качестве шкал оценивания были выбраны шкалы, представленные в таблицах 3.3, 3.5, 3.7, 3.8 раздела 2.

Оценка вероятности рискообразующих факторов и их силы воздействия на цели этапа представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11

Качественное описание рискообразующих факторов

Фактор	Вероятность	Воздействие		
		Сроки	Бюджет	Функционал/Качество
z_1	Высокая	Незначительное	Незначительное	-
z_2	Умеренная	-	-	Высокое / Высокое
z_3	Высокая	Критичное	Незначительное	-
z_4	Умеренная	Критичное	-	-
z_5	Умеренная	Критичное	-	-
z_6	Низкая	Критичное	-	-
z_7	Низкая	Критичное	Критичное	-
z_8	Высокая	Критичное	-	-
z_9	Умеренная	Умеренное	Умеренное	-
z_{10}	Умеренная	Незначительное	Незначительное	Незначительное
z_{11}	Умеренная	Незначительное	Незначительное	-

Шаг 2. Формирование базы правил определения оценки критичности

База правил, определяющая логику вычисления уровня критичности рискообразующего фактора, задается табл. 3.9. База содержит 25 правил «ЕСЛИ ... ТО ...», antecedентами которых являются конъюнкции оценок вероятности проявления фактора и силы воздействия на конкретную цель проекта. Ниже приведены примеры правил:

- если вероятность проявления рискообразующего фактора **очень высокая** и сила воздействия фактора на бюджет (либо на сроки/функционал/качество) проекта **критичная**, то оценка критичности фактора — **очень высокая**;
- если вероятность проявления рискообразующего фактора **низкая** и сила воздействия фактора на бюджет проекта **незначительная**, то оценка критичности фактора — **несущественная**.

Шаг 3. Определение базы правил вычисления оценки рейтинга

База правил, определяющая логику вычисления рейтинга рискообразующего фактора, задается таблицей 3.10. База содержит 18 правил «ЕСЛИ ... ТО ...». В этом случае antecedентами правил являются конъюнкции оценок уровня критичности фактора и оценки времени его наступления — близости наступления фактора. Ниже приведены примеры правил:

- если критичность рискообразующего фактора для бюджета (либо сроков или функционала/качества ПП) **умеренная** и близость наступления фактора — **очень скоро**, то рейтинг фактора **высокий**;
- если критичность рискообразующего фактора для бюджета **несущественная** и близость наступления фактора — **не очень скоро**, то рейтинг фактора **низкий**.

Шаг 4. Определение критичности рискообразующих факторов

Для вычисления оценок критичности рискообразующих факторов по бюджету, срокам, функциональным и нефункциональным требованиям использован алгоритм Мамдани [57]. Логический вывод алгоритма основан на базе правил, сформированной на шаге 2.

Менеджер проекта, основываясь на собственном опыте управления рисками подобных программных проектов, исключил из рассмотрения рискообразующие факторы, оценка критичности которых была определена как «Несущественная».

Результаты вычислений и оценки близости наступления, данные экспертами, сведены в таблицу 3.12.

Таблица 3.12.

Значимые факторы

Цель	Значимые факторы		
	Фактор	Критичность	Близость наступления
Сроки	z_3	Высокая	Очень скоро
	z_4	Средняя	Очень нескоро
	z_5	Средняя	Очень нескоро
	z_6	Умеренная	Очень скоро
	z_7	Умеренная	Очень скоро
	z_8	Высокая	Очень скоро
	Бюджет	z_7	Умеренная
Функционал/Качество	z_2	Невысокая	Очень скоро

Шаг 5. Определение рейтинга рискообразующих факторов

Для вычисления рейтинга рискообразующих факторов по бюджету, срокам, функционалу/качеству, также как и на предыдущем шаге использован алгоритм Мамдани, логический вывод которого основан на базе правил, определенной на шаге 3. Результаты вычислений рейтинга рискообразующих факторов представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13

Рейтинг факторов

Цель	Значимые факторы	
	Фактор	Рейтинг
Сроки	z_3	Очень высокий (8,641)
	z_4	Средний (3,396)
	z_5	Средний (3,396)
	z_6	Средний (3,396)
	z_7	Средний (3,396)
	z_8	Очень высокий (8,625)
	Бюджет	z_7
Функционал/Качество	z_2	Средний (3,396)

Шаг 6. Ранжирование рискообразующих факторов

На основе результатов предыдущего шага менеджером проекта определены два фактора, требующие немедленного реагирования:

- 1) изменение требований к ПП со стороны заказчика в процессе реализации контракта;
- 2) слабая организация планирования и контроля хода выполнения проекта и его отдельных этапов.

Оба фактора могут привести к существенному увеличению бюджета этапа.

Согласно рассматриваемой модели шесть факторов имеют средний рейтинг и могут быть отнесены к группе факторов, за которыми необходимо проводить дополнительное наблюдение. Под дополнительным наблюдением в данном случае понимаются регламентированные стандартом [13] процессы мониторинга и своевременного контроля выявленных факторов, повторное проведение анализа рискообразующих факторов по истечении двух недель с начала проекта.

4. НЕЧЕТКИЕ КОГНИТИВНЫЕ МОДЕЛИ ВЫБОРА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ НА ПРОЯВЛЕНИЕ КРИТИЧНЫХ РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ

4.1. Задача мониторинга и анализа текущего состояния рисков проекта

Определение рейтинга рискообразующих факторов позволяет ЛПР ранжировать рискообразующие факторы по степени их влияния на цели и выделять множества рискообразующих факторов, требующих немедленного реагирования. Согласно представленной выше семантической модели управления рисками ЛПР должен запланировать и организовать исполнение комплекса мероприятий, которые могут изменить вероятность проявления таких факторов или уменьшить уровень негативных последствий, если наступление рискообразующих факторов, требующих немедленного реагирования неизбежно.

Для понижения вероятности возможного проявления этих факторов до желаемого значения показателя риск-аппетита ЛПР должен запланировать и организовать исполнение комплекса мероприятий, воздействующих на рискообразующие факторы, требующие немедленного реагирования. Вместе с тем реализация мероприятий может повлечь за собой появление новых рискообразующих факторов. В этом случае лицу принимающему решение необходимо рассматривать рискообразующие факторы в динамике с учетом их возможных взаимосвязей; своевременно контролировать состояние как ранее идентифицированных, так и новых рискообразующих факторов; вносить изменения (корректировки) не только в множество значимых факторов, но и в перечень первоначально выделенных мероприятий в контексте текущего этапа проекта.

В связи с этим возникает задача мониторинга и анализа возможных изменений риска и рискообразующих факторов с учетом наличия взаимосвязей между ними. В качестве математического аппарата решения данной задачи в работе предлагается

использовать нечеткое когнитивное моделирование (нечеткие когнитивные карты), частным случаем которого является построение нечетко-целевой когнитивной модели для принятия стратегических решений [59–64].

Основу когнитивного моделирования составляет когнитивная карта ситуации, представленная в виде взвешенного ориентированного графа, вершинами которого является множество объектов, участвующих в ситуации (концепты когнитивной карты). Множество дуг графа, соединяющих вершины, отражает взаимосвязь концептов. Вес дуги, характеризующий силу связи между концептами, является показателем интенсивности влияния, который может быть как положительным, так и отрицательным.

Концепты когнитивных карт разделяются на целевые — описывающие целевое состояние системы, и управляющие — являющиеся потенциально возможными рычагами воздействия на изменение целевого состояния системы. В данном случае в качестве целевых концептов рассматриваются возможные риски этапов ЖЦ ПП, а в качестве управляющих концептов — рискообразующие факторы, влияющие на возможное возникновение рисков.

Использование когнитивного моделирования для решения подобного класса задач позволяет:

- проводить последовательный анализ причинно-следственных связей между рисками и рискообразующими факторами;
- идентифицировать и оценивать влияние рискообразующих факторов на различные ситуации при реализации плановых мероприятий;
- генерировать возможные варианты решений;
- планировать упреждающие действия по предотвращению потенциально опасных ситуаций при возникновении новых рискообразующих факторов.

Постановка задачи принятия решений при реализации плановых мероприятий управления рисками может быть представлена в виде следующего кортежа:

$$DU = \left\langle A, Z^*, U, S \mid \mathbf{P}^g, \mathbf{P}, \Delta\mathbf{P}, U^* \right\rangle,$$

где $A = \{a_i\}, i = \overline{1, \alpha}$ — риски этапов жизненного цикла ПП;

$Z^* = \{z_j\}, j = \overline{1, m^*}$ — значимые рискообразующие факторы, способствующие возникновению каждого из рисков;

$S = \{(p, (f_i), d, (k_i)_j)\}, j = \overline{1, m^*}, i = \overline{1, \alpha}$ — характеристики рискообразующих факторов;

$U = \{\{u_1, u_2, \dots, u_{nj}\}_l^{z_j}\}$ — перечень возможных мероприятий, выполнение которых позволит снизить вероятность наступления рискообразующего фактора z_j .

Требуется определить:

$P^g = (p_i^g)$ — желаемые значения вероятности проявления рисков, задаваемые в соответствии с критериями риска, принятыми в компании;

$P = (p_i), i = \overline{1, \alpha}$ — вероятность проявления рисков этапа;

$\Delta P = (\Delta p_{jl})$ — прогнозное изменение вероятности проявления фактора z_j после выполнения мероприятия u_l ;

$U^* = \{\{u^g\}_k\}, k = 1, 2, \dots$ — множество плановых мероприятий, выполнение которых позволит достичь желаемых значений вероятности наступления риска.

4.2. Модель формирования мероприятий по реагированию на проявление критичных факторов

В основу процесса формирования альтернативных планов мероприятий по реагированию на проявление критичных факторов положена нечеткая когнитивная модель. Приведем основные термины, применяемые в когнитивном анализе и моделировании. Описание причинно-следственных связей, отражающих взаимовлияния рисков и рискообразующих факторов сводится к построению ориентированного графа $G(E, W)$ [59], в котором множество вершин E является множеством концептов, а множест-

во дуг W , соединяющих вершины, отражает направление влияния концептов. Вес дуги $w_{ij} = w(e_i, e_j)$, $w_{ij} \in T_w$ характеризует силу связи между концептами. Формально когнитивная карта представляется когнитивной нечеткой матрицей $\mathbf{W} = [w_{ij}]_{n \times n}$, $n = |E|$.

С учетом вышесказанного алгоритм определения множества плановых мероприятий, выполнение которых позволит достичь желаемых значений вероятности наступления риска, может быть представлен в виде последовательности шагов.

Шаг 1. Оценка вероятности рисков проекта

Для оценки вероятности рисков ЛПР использует качественную шкалу измерения (см. табл. 3.2), принятую на этапе оценивания рейтинга рискообразующих факторов и соответствующую ей лингвистическую переменную. Оценка вероятности рисков основана на результатах этапа оценивания рискообразующих факторов, а также знаниях и опыте ЛПР, проводящего оценку.

Шаг 2. Оценка возможного снижения вероятности проявления рискообразующих факторов при выполнении мероприятий по реагированию

На этом шаге лицо принимающее решение самостоятельно либо с привлечением экспертов ставит в соответствие каждому мероприятию из $U = \{u_1, u_2, \dots, u_{nj}\}_l^{z_j}$ прогнозные оценки изменения вероятности $\Delta P = (\Delta p_{jl})$ рискообразующего фактора z_j . Для выполнения оценивания используется принятая на этапе оценивания шкала оценки вероятности проявления (см. табл. 3.2).

Шаг 3. Выбор шкалы оценивания интенсивности взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков

Для измерения интенсивности влияния рисков и рискообразующих факторов друг на друга определяется шкала интенсивности влияния (табл. 4.1).

Оценка интенсивности влияния w в терминах нечеткой логики определяется лингвистической переменной

$$\langle w, T_w, X_w, M_w \rangle,$$

где w — «Оценка интенсивности влияния»;

T_w — {«Слабая» (С), «Средняя» (Ср), «Высокая» (В)};

M_w — процедура задания на универсуме $[-1,1]$ значений лингвистической переменной.

Таблица 4. 1

Шкала оценивания интенсивности взаимовлияния⁸

Качественное значение	Слабая	Средняя	Высокая
Интервал	Менее 0,4	0,3–0,7	0,6–1

Для лингвистической переменной w множество T_w определено следующим образом:

$$T_{f_i} = \{\mu_{НС}(0, 4; x), \mu_{Н}(0, 3; 0, 4; 0, 5; 0, 7; x), \mu_{ОВ}(0, 6; 1; x)\}.$$

Функции принадлежности нечетких переменных, определяющих термы лингвистической переменной w , представлены на рис. 4.1.

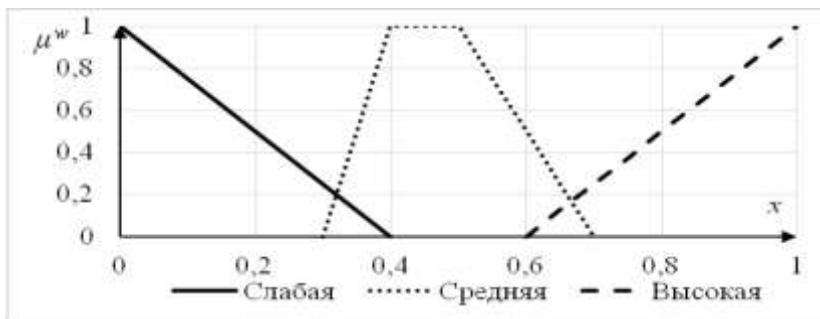


Рис. 4.1. Функции принадлежности термов лингвистической переменной «Интенсивность влияния»

⁸ В таблице указаны интервалы для «положительного» влияния рисков и рискообразующих факторов. В контексте поставленной задачи это означает, что при увеличении/уменьшении вероятности одного из концептов когнитивной карты предполагается увеличение/уменьшение зависимого от него концепта. Предполагается, что для обозначения интенсивности «отрицательного» влияния концептов используются аналогичные интервалы с соответствующими границами на интервале $[-1; 0]$.

Шаг 4. Построение когнитивной карты взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков

На текущем шаге алгоритма ЛПР строит ориентированный граф $G(E, W)$, во множество вершин E которого включены значащие рискообразующие факторы и риски $E = A \cup Z^*$, а множество дуг W построенного графа отражает возможные взаимосвязи между факторами $z_i \in E$ и рисками $a_i \in E$. Каждой дуге $w \in W$ построенного графа ЛПР ставит в соответствие нечеткую оценку интенсивности влияния, используя принятую шкалу оценки (см. табл. 4.1). Формально ЛПР задает нечеткую матрицу $\mathbf{W} = [w_{ij}]_{n \times n}$, $n = |E|$, элементы которой w_{ij} определяют интенсивность влияния i -го концепта на j -й концепт.

Шаг 5. Определение целевых и управляемых концептов

ЛПР выделяет в построенном ориентированном графе один или несколько рисков $a_i \in E$ в качестве целевого концепта/концептов, и множество рискообразующих факторов $z_i \in E$, влияющих на возможное возникновение риска/рисков в качестве управляющих концептов.

Шаг 6. Определение желаемых значений вероятности рисков и текущего состояния системы

Взаимовлияние концептов, отраженное в $G(E, W)$, позволяет предположить, что выполнение мероприятий приведет к изменению вероятности управляющих концептов (рискообразующих факторов) и, как следствие, к изменению и вероятности целевых концептов (рисков). Согласно [59] этот процесс определяется по правилу

$$\mathbf{s}^T(t+1) = \mathbf{s}^T(t) \circ \mathbf{W}, \quad (4.1)$$

где $\mathbf{s}(t)$ — вектор состояний когнитивной карты;

$\mathbf{W} = [w_{ij}]_{n \times n}$ — когнитивная нечеткая матрица;

\circ — операция макстриангулярной композиции.

Выражение $\langle \mathbf{s}^T(t), \mathbf{W} \rangle$ называется когнитивной моделью.

При разделении вектора состояний когнитивной системы на векторы управляемых концептов $\mathbf{uk}(t)$, концептов состояний $\mathbf{x}(t)$, выходных (целевых) концептов $\mathbf{y}(t)$ и соответствующем разделении матрицы \mathbf{W} на матрицы состояния \mathbf{A} , управления \mathbf{B} и выхода \mathbf{C} , выражение (4.1) может быть представлено как

$$\mathbf{x}(t+1) = \mathbf{A} \circ \mathbf{x}(t) \vee \mathbf{B} \circ \mathbf{uk}(t) \quad \mathbf{y}(t) = \mathbf{C} \circ \mathbf{x}(t) \quad (4.2)$$

где \vee — операция max.

Если управляющие факторы напрямую воздействуют на целевые концепты, то уравнение, соответствующее выходам, примет вид

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C} \circ \mathbf{x}(t) \vee \mathbf{D} \circ \mathbf{uk}(k), \quad (4.3)$$

где \mathbf{D} — матрица, связывающая управляющие и целевые концепты.

Модель, описанная выражениями (4.2–4.3), называется *управляемой когнитивной системой* [59].

На текущем шаге ЛПР должен задать значения векторов $\mathbf{x}(t)$ как соответствующие оценки вероятности проявления рискообразующих факторов и вектор \mathbf{P}^g , содержащий желаемые значения вероятностей проявления рисков. Для определения элементов вектора \mathbf{P}^g используются возможные значения вероятностей ранее определенной шкалы (см. табл. 3.2).

Шаг 7. Определение множества плановых мероприятий, вызывающих необходимое снижение уровня риска

Необходимо найти множество непустых векторов решений $UK = \{\mathbf{uk}^q | q > 0\}$, которое обеспечит решение матричного уравнения

$$\mathbf{P}^g = \mathbf{Pm} \circ \mathbf{uk}, \quad (4.4)$$

где $\mathbf{uk} \in UK$, $\mathbf{Pm} = \mathbf{C} \circ \mathbf{A}^* \circ \mathbf{B} \vee \mathbf{D}$ — передаточная матрица;

\mathbf{A}^* — транзитивное замыкание матрицы \mathbf{A} .

Выражение (4.4) представляет собой нечеткое реляционное уравнение, которое имеет одну верхнюю границу решения и множество нижних решений [59, 65]. Таким образом, задача поддержки принятия решений при планировании мероприятий по реагированию на риски сводится к решению уравнения (4.4) и заключается в поиске множества векторов управляющих концептов, в данном случае — рискообразующих факторов, планирование реагирования на которые приведет к заданному нечеткому вектору цели, в контексте работы — к желаемым значениям вероятности наступления рисков.

Векторы uk полученных альтернативных решений в нашем случае будут содержать рекомендуемые изменения значений вероятностей рискообразующих факторов, достижение уровня которых приведет к желаемому снижению уровня риска. Это, в свою очередь, предполагает включение в план мероприятий по реагированию на рискообразующие факторы мероприятий, выполнение которых приведет к достижению рекомендуемых значений вероятности проявления соответствующего фактора риска — $u_i^{z_i} \cup U^* : \Delta p_{il} = uk_i$.

Решение задачи может быть сведено к когнитивному моделированию на построенной когнитивной карте, суть которого заключается в последовательном переборе всех возможных альтернативных решений и выборе альтернатив, показывающих наибольшее соответствие полученного решения поставленному вектору целей. Очевидно, что решение задачи в такой интерпретации связано с полным перебором всех возможных вариантов и высокими временными затратами на получение решения.

В данной работе поставленную задачу предлагается решать с помощью алгоритма формирования множества альтернативных решений с использованием математического аппарата нечеткой реляционной алгебры [59, 65, 66].

Для определения условия формирования множества альтернативных решений введем некоторые определения нечеткой математики [67].

Нечеткая матрица — $A = [a_{ij}]_{n \times m}$, $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m, a_{ij} \in [0, 1]$.

T-норма — функция $T: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$, такая, что для всех $x, y, z \in [0,1]$ выполняются условия:

$$T(0, x) = 0;$$

$$T(1, x) = x;$$

$$T(x, y) = T(y, x);$$

$$T(x, y) \leq T(x, z), \text{ если } y \leq z;$$

$$T(T(x, y), z) = T(x, T(y, z));$$

Макстриангулярная композиция (T-произведение) —

$$\mathbf{R} \circ \mathbf{Q} = \left[\bigvee_{j=1}^m r_{ij} T q_{jk} \right]_{n \times l}, \text{ где } \mathbf{R} = [r_{ij}]_{n \times m} \text{ и } \mathbf{Q} = [q_{jk}]_{m \times l} \text{ — нечеткие матрицы.}$$

четкие матрицы.

Транзитивное замыкание \mathbf{A}^* может быть найдено как

$$\mathbf{A}^* = \bigvee_{k=1}^{\infty} \mathbf{A}^k, \text{ где } \mathbf{A} = [a_{ij}]_{n \times n} \text{ — нечеткая матрица.}$$

$$\text{Псевдообратная функция — } f^{(-1)}(y) = \begin{cases} f^{(-1)}(y), & y \in [0, f(0)] \\ 0, & y \in (f(0), \infty). \end{cases}$$

Операция определения псевдообратного элемента

Элемент c называется псевдообратным элементу a относительно b , если c — наибольший элемент со свойствами $aTc \leq b, a, b \in [0,1]$.

Операция определения псевдообратного элемента обозначается ϕ .

Композиция ϕ нечетких матриц определяется как

$$\mathbf{R} \phi \mathbf{Q} = \left[\bigwedge_{j=1}^m r_{ij} \phi q_{jk} \right]_{n \times l}.$$

Вектор $\phi(a)$ и множество векторов $\Phi(a)$

Пусть дан нечеткий вектор $a = (a_1, a_2, \dots, a_m)^T$. Множество

$\Phi(a)$ векторов $\boldsymbol{\varphi}(a) — \Phi(a) = \{\boldsymbol{\varphi}(a)\}$, где $\boldsymbol{\varphi} = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m)^T$,

$$\exists! i : \varphi_i = a_i, \forall j \neq i \varphi_j = 0; \bigvee_{k=1}^m \boldsymbol{\varphi}(a_k) = a.$$

$$\mathbf{\beta}\text{-композиция} — \forall a, b \in [0, 1], a\beta b = \begin{cases} 0, & a < b \\ b, & a \leq b \end{cases}.$$

$$\mathbf{\varepsilon}\text{-композиция} — \forall a, b \in [0, 1], a\varepsilon b = \begin{cases} 0, & a < b \\ f^{(-1)}(f(a) - f(b)), & a \leq b \end{cases}.$$

$$\mathbf{\delta}\text{-композиция} — \mathbf{R}\delta\mathbf{b} = \mathbf{S} = [s_{ij}]_{m \times n}, \quad s_{ij} = \left(\bigwedge_{k=1}^n (r_{ik} \phi b_k) \right) \beta(r_{ij} \varepsilon b_j),$$

где $\mathbf{R} = [r_{ij}]_{n \times m}$ — нечеткая матрица, $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ — нечеткий вектор.

Множество решений уравнения (4.4) определяется из условия $\bigvee \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g) \leq \mathbf{uk} \leq \mathbf{Pm}^T \hat{\boldsymbol{\varphi}} \mathbf{P}^g, \forall \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g) \in \Phi(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g)$,

где $\mathbf{Pm}^T \hat{\boldsymbol{\varphi}} \mathbf{P}^g$ — верхняя граница решения уравнения (4.4);

$\bigvee \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g)$ — множество нижних границ уравнения (4.4).

С учетом введенных обозначений алгоритм поиска возможных альтернативных решений может быть представлен в виде последовательности вычислений, представленной на рис. 4.2:

1) определение значений вектора целей \mathbf{P}^g (в рассматриваемом случае вектор целей содержит желаемые значения вероятностей рисков проекта);

2) разделение матрицы \mathbf{W} и получение матриц $\mathbf{A}, \mathbf{C}, \mathbf{B}$;

3) вычисление матрицы транзитивного замыкания \mathbf{A}^* ;

4) вычисление передаточной матрица \mathbf{Pm} ;

5) вычисление верхней границы решения $\mathbf{uk} = \mathbf{Pm}^T \hat{\boldsymbol{\varphi}} \mathbf{P}^g$;

6) вычисление множества нижних решений $\bigvee \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{Pm}^T \delta \mathbf{P}^g)$.

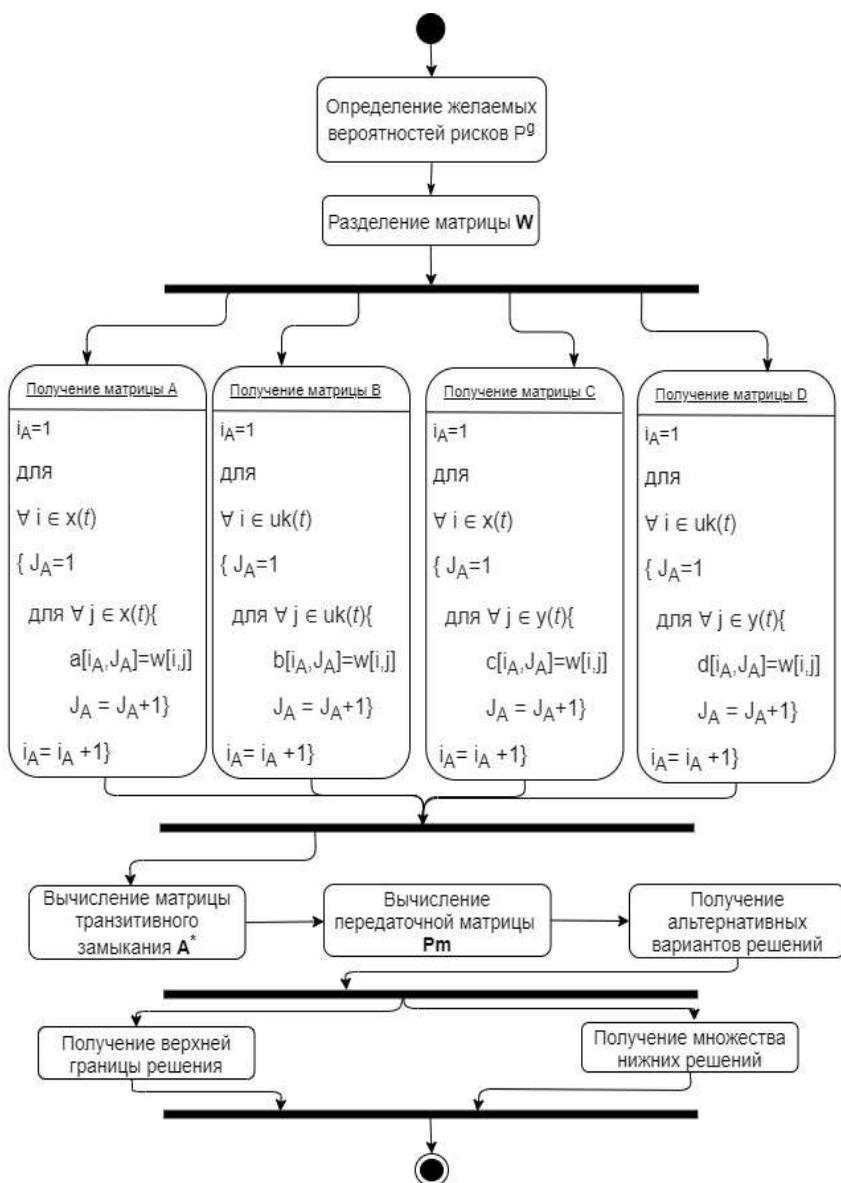


Рис. 4.2. Алгоритм поиска возможных альтернативных решений

Практическое использование нечеткой когнитивной модели выбора плановых мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов позволяет ЛПП рассматривать рискообразующие факторы в динамике, с учетом возможных взаимосвязей, и тем самым, своевременно контролировать состояние как ранее идентифицированных рискообразующих факторов, так и новых, вносить изменения (корректировки) как в множество значимых факторов, так и в перечень первоначально выделенных мероприятий в контексте текущего этапа ЖЦ ПП.

4.3. Когнитивная модель формирования решений при управлении рисками на этапе продвижения рыночного программного продукта

Процесс разработки программного продукта IT-компанией завершается такими этапами жизненного цикла ПП, как определение степени готовности программного продукта к коммерциализации, выделение целевых сегментов рынка потенциальных потребителей и разработка программы продвижения ПП в выделенные целевые сегменты рынка. Прежде чем приступить к реализации программы продвижения необходимо провести оценку возможных рисков при выводе ПП на целевые сегменты рынка.

Один из возможных рисков реализации программы продвижения может быть сформулирован как *«Срыв плана по количеству продаж в заданном интервале времени реализации программы продвижения»*. Множество рискообразующих факторов, проявление которых может негативно отразиться на количестве планируемых продаж, представлено следующими факторами риска программы продвижения ПП:

- 1) изменение нормативного регулирования бизнес-процессов у потенциальных потребителей z_1 ;
- 2) появление на рынке новых аналогичных продуктов z_2 ;
- 3) пиратское распространение копий ПП z_3 ;
- 4) несоответствие функциональных характеристик ПП потребностям потребителей z_4 ;

- 5) несоответствие предлагаемой цены ПП ожиданиям потребителей z_5 ;
- 6) недостаточные навыки владения исполнителями информационными технологиями продвижения z_6 ;
- 7) ошибочный выбор целевого сегмента z_7 ;
- 8) ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение z_8 ;
- 9) ошибки при выборе потребительских предпочтений z_9 ;
- 10) ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций z_{10} ;
- 11) недостаточная проработка коммуникационных сообщений z_{11} ;
- 12) низкий уровень организации обратной связи z_{12} .

Алгоритм формирования плана мероприятий по реагированию на значимые рискообразующие факторы

Шаг 1. Оценка вероятности рисков проекта

Для оценки вероятности проявления риска срыва плана по количеству продаж и рискообразующих факторов использовалась шкала, представленная в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Вероятность проявления рискообразующих факторов

Вероятность	Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Интервал	Менее 0,2	[0,1; 0,4]	[0,3; 0,6]	[0,5; 0,8]	Более 0,7

В соответствии с выбранной шкалой оценивания определена лингвистическая переменная «Вероятность проявления» (табл. 4.3).

График функций принадлежности термов лингвистической переменной «вероятность проявления» приведен на рис. 4.3.

Оценка вероятности возможного проявления значимых рискообразующих факторов, проявление которых, по мнению ЛПР, способно негативно отразиться на количестве планируемых продаж представлена в табл. 4.4.

Таблица 4.3

Лингвистическая переменная «Вероятность проявления»

Терм/ Категория	Интервал	Функция принадлежности
Очень низкая	0–0,2	$\mu_1^p(x) = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ 1 - \frac{x}{0,2}, & 0 \leq x < 0,2 \\ 0, & x \geq 0,2 \end{cases}$
Низкая	0,1–0,4	$\mu_2^p(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,1 \\ 1 - \frac{0,2-x}{0,1}, & 0,1 \leq x < 0,2 \\ 1, & 0,2 \leq x < 0,3 \\ 1 - \frac{x-0,3}{0,1}, & 0,3 \leq x < 0,4 \\ 0, & x \geq 0,4 \end{cases}$
Средняя	0,3–0,6	$\mu_3^p(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,3 \\ 1 - \frac{0,4-x}{0,1}, & 0,3 \leq x < 0,4 \\ 1, & 0,4 \leq x < 0,5 \\ 1 - \frac{x-0,5}{0,1}, & 0,5 \leq x < 0,6 \\ 0, & x \geq 0,6 \end{cases}$
Высокая	0,5–0,8	$\mu_4^p(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,5 \\ 1 - \frac{0,6-x}{0,1}, & 0,5 \leq x < 0,6 \\ 1, & 0,6 \leq x < 0,7 \\ 1 - \frac{x-0,7}{0,1}, & 0,7 \leq x < 0,8 \\ 0, & x \geq 0,8 \end{cases}$
Очень высокая	0,7–1	$\mu_5^p(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,7 \\ \frac{x}{0,3} - \frac{0,7}{0,3}, & 0,7 \leq x < 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$

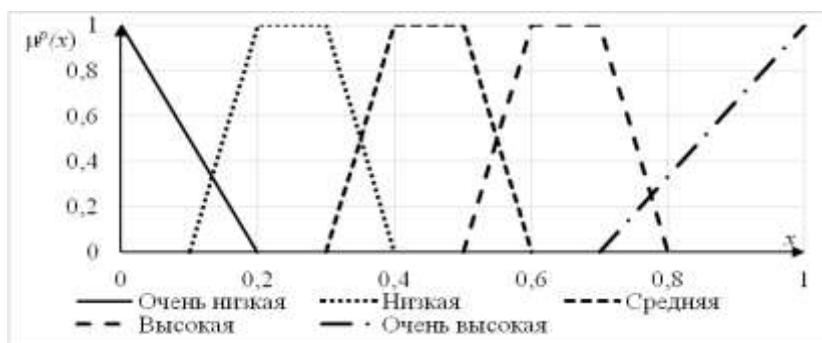


Рис. 4.3. Графики функций принадлежности термов лингвистической переменной «Вероятность проявления»

Таблица 4.4

Оценка риска и значимых рискообразующих факторов

Фактор	Вероятность
Изменение нормативного регулирования бизнес-процессов у потенциальных потребителей z_1	Средняя
Появление на рынке новых аналогичных продуктов z_2	Высокая
Пиратское распространение копий ПП z_3	Очень низкая
Несоответствие функциональных характеристик ПП потребностям потребителей z_4	Средняя
Несоответствие предлагаемой цены ПП ожиданиям потребителей z_5	Высокая
Недостаточные навыки владения исполнителями информационными технологиями продвижения z_6	Средняя
Ошибочный выбор целевого сегмента z_7	Очень высокая
Ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение z_8	Высокая
Ошибки при выборе потребительских предпочтений z_9	Очень высокая
Ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций z_{10}	Высокая
Недостаточная проработка коммуникационных сообщений z_{11}	Очень высокая
Низкий уровень организации обратной связи z_{12}	Средняя
Срыв плана по количеству продаж в заданном интервале времени реализации программы продвижения a_1	Высокая

Шаг 2. Оценка возможного снижения вероятности проявления рискообразующих факторов при выполнении мероприятий по реагированию на рискообразующие факторы.

Ранее, на этапах оценки и анализа рискообразующих факторов, ЛПР определил для каждого из значимых рискообразующих факторов мероприятия, выполнение которых сможет исключить проявление и/или снизить уровень негативных последствий их проявления. Факторы z_1 и z_2 в этом случае не рассматривались, так как команда проекта не имеет возможности повлиять на вероятность их возникновения. Прогнозная оценка возможного снижения вероятности проявления факторов $z_3 - z_{12}$ в случае выполнения этих мероприятий представлена в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Прогнозная оценка возможного снижения вероятности проявления факторов

Фактор	Мероприятие	Оценка снижения вероятности проявления фактора
z_3	Пересмотр стратегии лицензирования. Обсуждение в команде выбора способа защиты. Реализация защиты от копирования	1
z_4	Проведение опроса специалистов учебного управления. Предоставление свободно распространяемой версии ПП на фиксированный срок	0,5
z_5	Дополнительный анализ функционала и ценовой политики конкурентов	0,2
z_6	Привлечение сторонних специалистов по маркетингу	0,9
z_7	Уточнение профиля выделенного сегмента (требования потенциальных покупателей к ПП, потребности покупателей, ценовой сегмент). Проведение пробных продаж	0,8

Окончание табл. 4.5

Фактор	Мероприятие	Оценка снижения вероятности проявления фактора
z_8	Уточнение маркетингового комплекса программы продвижения с учетом профиля выбранного целевого сегмента – выбор средств рекламной кампании, содержания и длительности рекламы. Детальный анализ сведений по статистике и конверсиям на планируемых рекламных площадках. Применение методики волнового планирования	1
z_9	Проведение дополнительных исследований целевой аудитории	0,5
z_{10}	Уточнение целей маркетинговой коммуникации. Проведение дополнительных исследований целевой аудитории	0,9
z_{11}	Привлечение сторонних специалистов по маркетингу	1
z_{12}	Пересмотр используемых способов обратной связи с потенциальными клиентами, назначение ответственного за организацию связи	0,5

Шаг 3. Выбор шкалы оценивания интенсивности взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков

Для оценивания интенсивности влияния рисков и рискообразующих факторов выбрана шкала оценивания, представленная в табл. 4.1. В таблице 4.6 приведена соответствующая ей лингвистическая переменная.

График функций принадлежности термов лингвистической переменной «Интенсивность влияния» представлен на рис. 4.1.

Шаг 4. Построение когнитивной карты взаимовлияния рискообразующих факторов и рисков

Когнитивная карта взаимовлияния риска и рискообразующих факторов и соответствующая ее структуре когнитивная матрица **W**, определяющая интенсивность влияния концептов, представлены на рис. 4.4.

Таблица 4.6

Лингвистическая переменная «Интенсивность влияния»

Терм/категория	Интервал	Функция принадлежности
Слабая	0–0,4	$\mu_1^w(x) = \begin{cases} 1, & x < 0 \\ 1 - \frac{x}{0,4}, & 0 \leq x < 0,4 \\ 0, & x \geq 0,4 \end{cases}$
Средняя	0,3–0,7	$\mu_2^w(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,3 \\ 1 - \frac{0,4-x}{0,1}, & 0,3 \leq x < 0,4 \\ 1, & 0,4 \leq x < 0,5 \\ 1 - \frac{x-0,5}{0,2}, & 0,5 \leq x < 0,7 \\ 0, & x \geq 0,7 \end{cases}$
Высокая	0,6–1	$\mu_3^w(x) = \begin{cases} 0, & x < 0,6 \\ \frac{x}{0,4} - \frac{0,6}{0,4}, & 0,6 \leq x < 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$

Шаг 5. Определение целевых и управляемых концептов

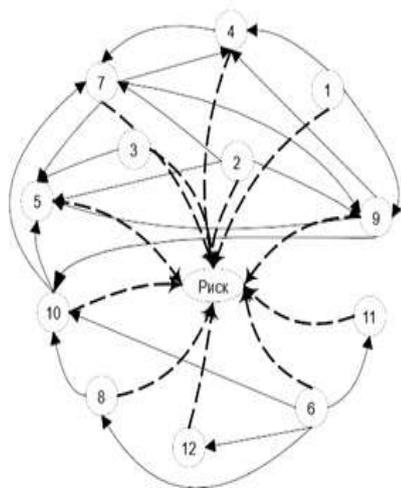
В качестве управляемых концептов ЛПР выбрал рискообразующие факторы $z_6 - z_{12}$. Целевой концепт — риск срыва плана по количеству продаж.

Шаг 6. Определение желаемых значений вероятности рисков и текущего состояния системы

ЛПР определил, что для успешного завершения программы продвижения вероятность возможного риска не должна превышать значения 0,1 («Очень низкая»). Вероятности рискообразующих факторов и риска, включенных в когнитивную карту (см. табл. 4.4), приняты в качестве текущего состояния системы. Необходимо найти решение уравнения (4.4), являющееся множеством векторов

$$\mathbf{uk} = \left\{ \left[\Delta p_1^{z_3}, \Delta p_1^{z_4}, \dots, \Delta p_1^{z_{12}} \right], \left[\Delta p_2^{z_3}, \Delta p_2^{z_4}, \dots, \Delta p_2^{z_{12}} \right], \dots \right\},$$

где $\Delta p_k^{z_j}$ — изменения оценок вероятностей наступления управляемых факторов z_j в решении k .



	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}	риск
z_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0,5
z_2	0	0	0	0	0,5	0	1	0	0,7	0	0	0	0,4
z_3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
z_4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,9
z_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8
z_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7	0,7	0,6
z_7	0	0	0	0,9	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0,8
z_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0,7
z_9	0	0	0	0,9	0,8	0	0	0	0	0,8	0	0	0,3
z_{10}	0	0	0	0	0,3	0	0,9	0	0	0	0	0	0,4
z_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
z_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
риск	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 4.4. Когнитивная карта взаимовлияния риска и рискообразующих факторов

Шаг 7. Определение множества плановых мероприятий, выполнение которых приведет к необходимому снижению уровня риска

В дальнейших расчетах в качестве T -нормы использовалась T -норма Лукасевича $T(x, y) = \vee(x + y - 1, 0)$ и операция определения псевдообратного элемента

$$a\phi b = \begin{cases} 1, a \leq b \\ 1 - a + b, a > b \end{cases}.$$

Согласно алгоритму, описанному в подразд. 4.2, определен вектор целей $\mathbf{P}^g = [0, 7]$.

Вычислены следующие значения:

1) разделение матрицы \mathbf{W} и получение матриц \mathbf{A} , \mathbf{C} , \mathbf{B} , \mathbf{D} :

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,9 & 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8 & 0 & 0,8 & 0,3 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$\mathbf{C} = (0,5 \quad 0,4 \quad 0,1 \quad 0,9 \quad 0,8);$$

$$\mathbf{D} = (0,6 \quad 0,8 \quad 0,7 \quad 0,3 \quad 0,4 \quad 0,3 \quad 0,3);$$

2) матрица транзитивного замыкания \mathbf{A}^* :

$$\mathbf{A}^* = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

3) передаточная матрица \mathbf{Pm} :

$$\mathbf{C} \circ \mathbf{A}^* = (0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0,1),$$

$$\mathbf{Pm} = \mathbf{C} \circ \mathbf{A}^* \circ \mathbf{B} \vee \mathbf{D} = (0,6 \quad 0,8 \quad 0,7 \quad 0,3 \quad 0,4 \quad 0,3 \quad 0,3).$$

Получена верхняя граница решения $\mathbf{uk} = \mathbf{Pm}^T \hat{\phi} \mathbf{P}^g$:

$$\mathbf{uk} = (1 \ 0,9 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1).$$

Вычисления выполнялись в табличном процессоре Excel. Корректность полученных результатов проверялась в системе поддержки принятия решений «Игла» [67].

Полученное решение позволяет сделать вывод о том, что снижение уровня риска реализации программы продвижения может быть достигнуто при выполнении мероприятий, направленных на уменьшение вероятности всех рискообразующих факторов, определенных ранее в качестве управляемых концептов.

Значения вектора $uk \in [1; 0,9]$ говорят о том, что выполнение на текущем этапе реализации программы продвижения плановых мероприятий $U^* = \left\{ \left\{ u_{z_6}^g, u_{z_7}^g, u_{z_8}^g, u_{z_9}^g, u_{z_{10}}^g, u_{z_{11}}^g, u_{z_{12}}^g \right\}_{\hat{u}} \right\}$ должно привести к полной нейтрализации факторов:

z_6 — недостаточные навыки владения исполнителями информационными технологиями продвижения;

z_7 — ошибочный выбор целевого сегмента,

z_8 — ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение;

z_9 — ошибки при выборе потребительских предпочтений;

z_{10} — ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций;

z_{11} — недостаточная проработка коммуникационных сообщений;

z_{12} — низкий уровень организации обратной связи.

План мероприятий U^* по реагированию на все управляемые рискообразующие факторы может привести к большим затратам. Для возможного снижения затрат без потери качества снижения уровня риска целесообразно получить и проанализировать нижние границы решения. В данном случае найдено два нижних решения:

1) $\mathbf{uk}_1 = (0 \ 0,9 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0);$

2) $\mathbf{uk}_2 = (0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0).$

На основании нижних решений можно сделать вывод о том, что в текущем интервале реализации программы продвижения можно включать в план U^* мероприятия только по нейтрализации фактора z_7 — ошибочный выбор целевого сегмента (согласно решению uk_1), либо z_8 — ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение (согласно решению uk_2).

В таблице 4.7 приведен перечень плановых мероприятий по реагированию на возможные негативные проявления выделенных критичных рискообразующих факторов при продвижении ПП.

Таблица 4.7

Перечень мероприятий

Фактор	Мероприятия
z_7 — ошибочный выбор целевого сегмента	Уточнение профиля выделенного сегмента (требования потенциальных покупателей к ПП, потребности покупателей, ценовой сегмент). Проведение пробных продаж
z_8 — ошибки в расчетах финансовых затрат на продвижение	Уточнение маркетингового комплекса программы продвижения с учетом профиля выбранного целевого сегмента – выбор средств рекламной кампании, содержания и длительности рекламы. Детальный анализ сведений по статистике и конверсиям на планируемых рекламных площадках. Применение методики волнового планирования

Перечисленные мероприятия рекомендовано включить в план работ по реализации программы продвижения с целью снижения уровня риска срыва плана по количеству продаж.

Литература

1. Рынок ИТ-услуг и ИТ-аутсорсинга в России [Электронный ресурс]: сайт «TADVISER. ГОСУДАРСТВО. БИЗНЕС. ИТ». – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%98%D0%A2-%D0%B0%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BE%D1%80%D1> (дата обращения: 12.09.2020).
2. The Future of Work. Leading the Way With PMTQ [Электронный ресурс]: Pulse of the Profession 2019. – Режим доступа: <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2019.pdf?v=ff445571-0b23> (дата обращения: 24.12.2020).
3. Ехлаков Ю.П. Управление программными проектами: учебник / Ю.П. Ехлаков. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 216 с.
4. Халл Э. Разработка и управление требованиями: практическое руководство пользователя / Э. Халл, К. Джексон, Д. Дик; пер. с англ. – 2-е изд. – Лондон: Springer Science; Business Media, 2005. – 240 с.
5. ГОСТ 19.102-77. Единая система программной документации. Стадии разработки. – М.: Стандартиформ, 2010. – 3 с.
6. IEEE-90. Элементы сопровождения. Организационные процессы жизненного цикла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ohotavr.ru/yuristy/standart-ieee-90-elementy-soprovozh-deniya-standarty-ieee-organizacionnye-processy.html> (дата обращения: 24.12.2020).
7. Schach Stephen R. Object-oriented and classical software engineering. – 8-th ed. – New York: McGraw-Hill, 2011. – 667 p.
8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25040-2014. Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Процесс оценки. – М.: Стандартиформ, 2019. – 51 с.
9. Архипенков С. Лекции по управлению программными проектами [Электронный ресурс]: ИТ-портал «CITForum.ru». – Режим доступа: http://citforum.ru/SE/project/arkhipenkov_lectures/10.shtml (дата обращения: 24.12.2020).
10. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК). – 6-е изд. – М.: Олимп-Бизнес, 2019. – 792 с.
11. Кознов Д.В. Введение в программную инженерию: курс лекций. – М.: Национальный Открытый университет «ИНТУИТ», 2009. – 283 с.
12. Новиков Ф.А. Управление проектами и разработкой ПО: учеб.-метод. пособие / Ф.А. Новиков, Э.А. Опалева, Е.О. Степанов. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 256 с. [Электронный ресурс]: электронная версия. – Режим доступа: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/430.pdf> (дата обращения: 24.12.2020).

13. Фатрелл Р.Т. Управление программными проектами. Достижение оптимального качества при минимуме затрат / Р.Т. Фатрелл, Д.Ф. Шафер, Л.И. Шафер. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1136 с.

14. Paulk Mark C. Capability Maturity Model for Software (Version 1.1) / M.C. Paulk [at al.]. – SEI, 1993 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/1993_005_001_16211.pdf (дата обращения: 24.12.2020).

15. BS 6079-1:2010. Project management. – Part 3: Guide to the management of business related project risk. – London: BSI, 2003. – 27 p.

16. Ярошенко Ф.А. P2M. Управление инновационными проектами и программами / Ф.А. Ярошенко, С.Д. Бушуев, Х. Танака. – СПб: Профлит, 2015. — 320 с.

17. APM. Body of knowledge. – 6-th edition. – Association for Project Management, 2012. —258 p.

18. ISO 31000:2009. Risk management — Principles and guidelines [Электронный ресурс]: ISO. – Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/43170.html> (дата обращения 09.08.2018).

19. Interfacing risk and earned value management / APM Joint Risk and Earned Value Working Group. – Princes Risborough: Association for Project Management, 2008. – 20 p.

20. Project risk analysis and management (PRAM) guide / Association for Project Management. – 2-nd edition. – Princes Risborough: Association for Project Management, 2004. — 20 p.

21. Hillson D.A. Understanding and managing risk attitude / D.A. Hillson, R. Murray-Webster. – Aldershot: Gower, 2005. – 208 p.

22. A Risk Management Standard / The Institute of Risk Management, ALARM; The National Forum for Risk Management in the Public Sector; The Association of Insurance and Risk Managers. – © 2002 IRM, AIRMIC, ALARM; © 2007 Risk Analysis Consultants, 2007. – 27 p.

23. BS 31100:2011. Risk management — code of practice and guidance for the implementation of BS ISO 31000. – London: BSI, 2011. – 56 p.

24. Chapman C.B. Project risk management: processes, techniques and insights / C.B. Chapman, S.C. Ward. – 2-nd ed. – Chichester: Wiley, 2003. – 233 p.

25. Hillson D.A. Effective opportunity management for projects: exploiting positive risk / D.A. Hillson. – New York: Marcel Dekker. – 340 p.

26. DIN 69901-1. Projektmanagement – Projektmanagementsysteme. – Teil1: Grundlagen. – Berlin: Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ) im DIN, 2009. – 30 p.

27. Hinde D. PRINCE 2. Study Guide / D. Hinde. – New Jersey: John Wiley and Sons, Ltd, 2012. – 528 p.

28. ГОСТ Р ИСО 21500-2014. Руководство по проектному менеджменту. – М.: Стандартинформ, 2014. – 50 с.
29. ГОСТ Р 54869-2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектами. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
30. ГОСТ Р ИСО 10006-2005. Руководство по менеджменту качества при проектировании. – М.: Стандартинформ, 2005. – 28 с.
31. ISO 1006:2017. Quality Management Systems: Guidelines for Quality Management in Projects [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso> (дата обращения: 09.08.2018).
32. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов. – М.: Стандартинформ, 2018. – 49 с.
33. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25041-2014. Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Руководство по оценке для разработчиков, приобретателей и независимых оценщиков. – М.: Стандартинформ, 2016. – 56 с.
34. ГОСТ Р ИСО/МЭК 25051-2017. Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Требования к качеству готового к использованию программного продукта (RUSP) и инструкции по тестированию. – М.: Стандартинформ, 2019. – 54 с.
35. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология (ИТ). Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – М.: Стандартинформ, 2019. – 54 с.
36. ГОСТ Р ИСО 31000-2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство. – М.: Стандартинформ, 2010. – 20 с.
37. ГОСТ Р 51897-2011 / Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
38. Ньюэлл М.В. Управление проектами для профессионалов: руководство по подготовке к сдаче сертификационного экзамена / М.В. Ньюэлл; пер. с англ. А.К. Казаков. – 3-е изд. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2006. – 416 с.
39. Хэлдман К. Управление проектами. Быстрый старт / К. Хэлдман; пер. с англ. Шпаковой Ю. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 352 с.
40. Авдошин С.М. Информатизация бизнеса. Управление рисками / С.М. Авдошин, Е.Ю. Песоцкая. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 176 с.
41. Фадейкина Н. Эволюция взглядов на категории «риск» и «неопределенность» / Н. Фадейкина // Риск: Ресурсы, информация снабжение, конкуренция. – 2013. – № 3. – С. 202–208.

42. Боэм Б.У. Инженерное проектирование программного обеспечения / Б.У. Боэм. — М.: Радио и связь, 1985. — 512 с.
43. Де Марко Т. Вальсируя с медведями: управление рисками в проектах по разработке программного обеспечения / Т. Де Марко, Т. Листер. — М.: «р.т. Office», 2005. — 196 с.
44. Скотт К. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования / К. Скотт, М. Фаулер; пер. с англ. — М.: Мир, 1999. — 191 с.
45. Трофимов С. Риски программных проектов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.caseclub.ru/articles/risk.html> (дата обращения: 09.09.2019).
46. Бадюков В.Ф. Риски разработки программного обеспечения / В.Ф. Бадюков, Г.Л. Сыч // Вестник Хабаровского гос. ун-та экономики и права. — 2016. — № 3 (83). — С. 9–16 [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://www.vestnik.ael.ru/Portals/13/hgaep_umm/2016_vestnik_n3/%D0%B1%D0%B0%D0%B4%D1%8E%D0%BA%D0% (дата обращения 24.12.2020).
47. Гудов А.М. Технология разработки программного обеспечения: учеб. пособие / А.М. Гудов, С.Ю. Завозкин, С.Н. Трофимов. — Кемерово: КемГУ, 2009 [Электронный ресурс]: электронная версия. — Режим доступа: <https://docplayer.ru/52885990-Tehnologiya-razrabotki-programmnogo-obespecheniya.html> (дата обращения: 24.12.2020).
48. Manager's Handbook for Software Development, Revision 1. Document number SEL-84-101 / NASA Software Engineering Laboratory — Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, 1990. — 79 p.
49. Обзор Microsoft Solutions Framework (MSF) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library /jj161047\(v=vs.120\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library /jj161047(v=vs.120).aspx) (дата обращения: 24.12.2020).
50. Перегудов Ф.И. Основы системного анализа: учебник / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. — 2-е изд., доп. — Томск: Изд-во НТЛ, 1997. — 396 с.
51. ITIL® V3. A Pocket Guide. — Zaltbommel: Van Haren Publishing, 2011. — 194 p.
52. Липаев В.В. Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств / В.В. Липаев. — М.: СИНТЕГ, 2003. — 224 с.
53. Курбацкий А.Н. Управление рисками программного проекта / А.Н. Курбацкий, И.А. Король, А.И. Король // Информатизация образования. — 2011. — № 4 (65). — С. 37–62.
54. Брагина Т.И. Анализ подходов к управлению рисками в программных проектах с итеративным жизненным циклом / Т.И. Брагина, Г.В. Табунщик // Радиотехника, информатика, управление. — 2011. — № 2 (25). — С. 120–123.

55. Фреге Г. Логика и логическая семантика: сб. трудов / Г. Фреге. – М.: Аспект Пресс, 2000. – 512 с.
56. Моррис Ч.У. Основания теории знаков / Ч.У. Моррис // Семиотика: Антология. – М.: Академический проект, 2001. – С. 45–97.
57. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее роль в принятии приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
58. Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент: учебник для вузов / Р.А. Фатхутдинов. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.
59. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В.Б. Силов. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
60. Максимов В.И. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений [Электронный ресурс]: Институт проблем управления РАН. – Режим доступа: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/bpa/092aa276c601a997c32568c0003ab839> (дата обращения: 20.09.2019).
61. Пылькин А.Н. Методология когнитивного анализа в вопросах автоматизации управления материальными потоками» / А.Н. Пылькин, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Информатика и системы управления. – 2012. – № 2(32) – С. 138–149.
62. Максимов В.И. Анализ и управление в нестабильной среде / В.И. Максимов, С.В. Качаев, Е.К. Корноушенко // Банковские технологии. – 1999. – № 3. – С. 47–52.
63. Chen Z. Impacts of risk attitude and outside option on compensation contracts under different information structures / Z. Chen, Y. Lan, R. Zhao // Fuzzy Optimization and Decision Making. – 2018. – Vol. 17, Iss. 1. – P. 13–47.
64. Linguistic fuzzy consensus model for collaborative development of fuzzy cognitive maps: a case study in software development risks / C. De Maio [at al.] // Fuzzy Optimization and Decision Making. – 2017. – Vol. 16, Iss. 4. – P. 463–479.
65. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения: моногр. / С.Л. Блюмин [и др.]. – Липецк: ЛЭГИ, 2002. – 113 с.
66. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам/ Ф.С. Робертс; пер. с англ. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
67. Система поддержки принятия решений «Игла» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iipro.tu-bryansk.ru/quill/> (дата обращения: 05.10.2019).

Приложение

БАЗА ДАННЫХ РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
Продукт			
1. Несоответствие базовых функциональных характеристик ПП потребностям пользователей	Некорректная постановка задачи заказчиком. Неверная интерпретация исполнителем требований заказчика. Отсутствие промежуточных точек контроля хода выполнения проекта. Слабые знания исполнителями проекта особенностей бизнес-процессов. Получение негативной обратной связи от пользователей	Дополнительные работы по изменению типовой конфигурации	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета
2. Несовместимость ПП с программно-аппаратной инфраструктурой заказчика	Ошибки при проведении этапа анализа предметной области и проектирования	Повышение затрат на проект для увеличения аппаратных мощностей с целью повышения производительности системы	Превышение бюджета
3. Изменение дистрибьютором поставляемых версий ПП в период реализации проекта	Изменение нормативно-правового регулирования бизнес-процессов. Развитие функционала по итогам рекомендаций пользователей ПП	Слабый уровень владения дистрибьютором новой версией ПП. Дополнительный объем работ дистрибьютора по адаптации нового функционала ПП. Частичное нарушение целостности и работоспособности ПП	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
4. Низкий уровень интеграции ППП с существующими у заказчика информационными системами (ИС)	Ошибки на этапе анализа предметной области и проектирования, приводящие к полной или частичной несовместимости по форматам представления данных и классификаторам между ППП и информационными системами	Дополнительные финансовые и временные затраты на реализацию сервисов интеграции с ИС заказчика	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ППП
5. Недостаточный уровень защиты информационной базы от ошибочных действий пользователей	Логические ошибки при программировании. Несоответствие ППП стандартам информационной безопасности. Неверный или неопределенный заранее регламент назначения ролей и предоставления прав сотрудникам заказчика	Увеличение вероятности уязвимости системы, влекущее за собой убытки заказчика	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ППП
6. Слабое влияние ППП на совершенствование бизнес-процессов заказчика	Недостаточный опыт заказчика по составлению требований к ППП	Дополнительные работы по выявлению требований к функционалу ППП и его доработке	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по функциональным требованиям
7. Разработка некорректного пользовательского интерфейса ППП	Отсутствие надлежащего внимания разработчиков к процессу прототипирования. Слабое взаимодействие команды разработчиков с представителями заказчика	Дополнительные работы по выявлению требований к функционалу ППП и его доработке	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ППП

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
8. Ошибки проектирования архитектуры ПП	Отсутствие опыта у членов команды разработчиков. Недостаточный опыт заказчика по составлению требований к ПП	Повышение трудоемкости тестирования и сопровождения. Невозможность модификации и обновления ПП	Критические отклонения по требованиям к качеству ПП
9. Высокий уровень объема и сложности программного кода	Специфические особенности программного продукта	Привлечение сторонних специалистов. Дополнительное обучение членов команды разработчиков	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета
10. Неоднозначность и противоречивость программного кода	Отсутствие опыта у членов команды разработчиков. Отсутствие регламентов написания и инструментов проверки кода	Привлечение сторонних специалистов	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета
11. Неверная разработка пользовательских функций	Неполные и нечеткие требования к ПП. Отсутствие понимания между заказчиком и разработчиком. Отсутствие промежуточного контроля выполненных работ по проекту со стороны заказчика	Необходимость в дополнительном времени для исправления допущенных ошибок. Включение представителей заказчика в команду проекта	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП
12. Сложность сборки отдельных модулей ПП, разработанных разными членами команды проекта	Отсутствие регламентов написания кода. Низкое качество технической документации по проекту. Разрыв в квалификации между членами команды разработчика их слабая коммуникация. Отсутствие системы контроля версий	Необходимость в дополнительном времени для сборки готового ПП, внесение изменений в разработанные модули ПП	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП
13. Необходимость в разработке собственных компонентов ПП	Отсутствие опыта у членов команды разработчиков либо специфика разрабатываемого программного продукта	Нерациональное использование трудовых ресурсов. Невозможность или сложность интеграции разработанных компонентов со стандартными	Срыв плановых сроков

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
14. Позднее обнаружение ошибок	Отсутствие должного внимания к планированию этапа тестирования. Отсутствие промежуточных точек контроля выполненных работ по проекту со стороны заказчика	Повышение сложности внесения исправлений в код ПП. Убытки клиента вследствие ошибок, обнаруженные во время эксплуатации ПП	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП
15. Отсутствие тестирования ПП на этапах проекта	Ошибки в планировании работ по проекту вследствие отсутствия опыта у менеджера проекта	Позднее обнаружение ошибок	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству ПП
16. Низкое качество учебно-методических материалов (УММ) по обучению пользователей	Низкий уровень коммуникации между разработчиками, составителями УММ и пользователями. Отсутствие опыта составления УММ	Увеличение сроков этапа опытной эксплуатации и внедрения. Выполнение членами команды разработчиков дополнительных работ по технической поддержке пользователей	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета
17. Низкое качество технической документации ПП	Отсутствие в команде разработчиков специалиста по составлению технической документации.	Увеличение сроков этапа опытной эксплуатации. В будущем – привлечение членов команды разработчиков к дополнительным работам по технической поддержке пользователей ПП.	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
18. Отсутствие комментариев в коде	Отсутствие регламентов написания кода	Сложность сборки компонентов ПП. Необходимость в дополнительном времени для поиска нужного кода	Срыв плановых сроков.

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
19. Расширение функционала типовой конфигурации разработчиком одновременно с разработкой исполнителем модели на типовой конфигурации	Появление новых законов, регламентирующих бизнес-процессы заказчика. Наличие отдельных бизнес-процессов заказчика, не предусмотренных в типовой конфигурации. Появление обновлений платформы, связанных с повышением масштабируемости и производительности, расширением спектра решаемых задач, созданием нового эргономичного интерфейса, развитием средств построения экономической и аналитической отчетности, совершенствованием средств быстрой разработки прикладных решений, развитием возможностей интеграции, развитием технологии поставки и поддержки прикладных решений, развитием средств администрирования	Увеличение объема работ исполнителя по внедрению нового функционала. Временное увеличение нагрузки сотрудников исполнителя. Увеличение сроков разработки модели	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
20. Ограниченность возможностей типовой решения, не позволяющих полностью реализовать все требования заказчика к ИС	Особенности предметной области заказчика. Низкое качество исследований бизнес-процессов заказчика. Недостаточность данных, представленных заказчиком. Несоответствие бизнес-процессов заказчика существующим регламентам	Дополнительные работы исполнителя по изменению типовой конфигурации. Несоответствие построенной исполнителем модели ИС бизнес-процессам заказчика	Превышение сроков этапа проекта. Критические отклонения по требованиям к качеству работ, выполненных на этапе

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
21. Необходимость разработки надстройки над типовой конфигурацией	Отсутствие в типовой конфигурации отдельных бизнес-процессов заказчика. Скрытие данных заказчиком. Несоответствие отдельных бизнес-процессов заказчика существующим регламентам	Дополнительные работы сотрудников исполнителя по изменению типовой конфигурации	Превышение сроков этапа
22. Реализация несоответствующей функциональности	Ошибки на этапе анализа предметной области. Низкое качество технического задания, предоставляемого заказчиком. Отсутствие взаимопонимания между командой разработчиков и заказчиком	Дополнительные работы по доработке ПП. Невозможность вывода ПП на рынок	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству
23. Осуществление прямых запросов к базе данных при реализации проекта	Низкая квалификация членов команды разработчиков, дефицит трудовых ресурсов, низкое владение членами команды технологиями разработки	Убытки клиента вследствие повышения вероятности уязвимости системы	Критические отклонения по требованиям к качеству.
24. Реализация программного кода, выполняемая вне компонентов платформы разработки	Низкая квалификация членов команды разработчиков, дефицит трудовых ресурсов, низкий уровень знаний разработчиков по функционалу и возможностям платформы	Возможные проблемы при поддержке и модернизации системы	Критические отклонения по требованиям к качеству
25. Ошибки в настройке собственных компонентов	Низкая квалификация членов команды разработчиков, дефицит трудовых ресурсов, низкий уровень знаний разработчиков по функционалу и возможностям платформы. Отсутствие регламентов написания кода	Возможные проблемы при поддержке и модернизации системы	Критические отклонения по требованиям к качеству

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
26. Ошибки настройки сервера	Отсутствие в команде разработчиков специалиста в области системного программирования	Возможный срыв сроков разработки ПП и увеличение затрат на проект в случае привлечения сторонних специалистов для решения проблемы настройки сервера	Критические отклонения по требованиям к качеству
27. Невозможность обработки ожидаемого объема транзакций вследствие несовершенства используемой в ПП базы данных	Некорректность построения запросов к базе данных. Реальная нагруженность ПП выше запланированной. Невозможность выполнить процесс обработки транзакций с ожидаемой скоростью из-за несоответствия характеристик технических средств заказчика	Скорость обработки запросов ниже ожидаемой. Изменение концептуальной и физической структур базы данных	Критические отклонения по требованиям к качеству
28. Ограниченность функциональных возможностей повторно используемых программных компонентов вследствие имеющихся в них дефектах	Недостаточный уровень квалификации членов команды разработки. Использование новых технологий разработки ПП	Доработка программных компонентов	Срыв плановых сроков
29. Случайное повреждение или удаление исходного кода	Недостаточный уровень квалификации членов команды разработки. Отсутствие системы контроля версий. Ошибки в работе системы контроля версий	Дополнительные работы по восстановлению программного кода	Срыв плановых сроков

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
30. Нечеткое определение конкурентных преимуществ ПО	Наличие на рынке аналогичных ПО. Отсутствие либо недостаточный уровень рекламы. Отсутствие или недостаточный опыт команды по продвижению ПП	Невозможность внедрения проекта. Саботаж конечных пользователей. Незаинтересованность со стороны целевой аудитории	Срыв плана по количеству продаж
31. Невостребованность ПП рынком	Наличие на рынке аналогичных ПО. Отсутствие либо недостаточный уровень рекламы. Отсутствие или недостаточный опыт команды по продвижению ПП. Несоответствие базовых функциональных характеристик ПП потребностям пользователей	Отсутствие ожидаемой прибыли от продажи ПП	Провал проекта
32. Высокие невозвратные издержки проекта	Необходимость в покупке специализированного оборудования или ПО, обусловленная спецификой реализуемого проекта. Низкое качество проведения этапа сбора требований	Дополнительные финансовые затраты	Превышение бюджета
33. Ошибки при расчете стоимости ПП	Неверный выбор методик ценообразования	Отказ конечных пользователей от приобретения ПП	Срыв плана по количеству продаж
Команда проекта			
34. Недостаточный опыт команды разработчиков	Команда проекта впервые реализует подобный проект. Для реализации ПП используются новые, не используемые ранее технологии.	Ошибки в планировании финансовых и временных затрат. Большое количество синтаксических ошибок в коде. Дополнительное обучение сотрудников, которое может повысить их рабочую нагрузку	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков. Критические отклонения к требованиям по функционалу и качеству

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
35. Дефицит трудовых ресурсов команды проекта	Одновременное выполнение нескольких проектов. Нестабильное кадровое состояние команды. Пребывание участников команды в отпуске или «на больничном»	Увеличение рабочей нагрузки сотрудников. Привлечение сторонних специалистов для выполнения отдельных работ по проекту. Отказ от разработки проекта	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу
36. Нестабильность команды проекта	Межличностные конфликты между членами команды. Неудовлетворительные условия труда. Низкая мотивация членов команды	Увеличение рабочей нагрузки сотрудников. Привлечение сторонних специалистов для выполнения отдельных работ по проекту. Отказ от разработки проекта	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству
37. Незаинтересованность отдельных членов команды проекта	Межличностные конфликты между членами команды. Неудовлетворительные условия труда. Низкая мотивация членов команды	Изменение сроков проекта. Низкое качество ПП. Саботаж отдельных членов команды проекта	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству
38. Недостаточный уровень квалификации команды разработчиков по обучению конечных пользователей	Отсутствие опыта у членов команды разработчиков по обучению конечных пользователей	Значительное увеличение сроков этапов опытной эксплуатации и внедрения. Дополнительная нагрузка на членов команды разработчиков по осуществлению технической поддержки пользователей	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
39. Большой разрыв в квалификации специалистов разных областей знаний	Специфика разрабатываемого ИП. Отсутствие у конечных пользователей опыта работы с аналогичными проектами, представлений о понятиях или деталях разработки системы, непонимание путей решения стоящих перед ними задач	Нечеткие, неполные и часто изменяемые требования к ИП	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу
40. Ненужная оптимизация и оттачивание деталей	Психологический фактор, обусловленный особенностями существующего микроклимата в команде разработчиков либо неопытностью менеджера проекта	Нерациональное использование трудовых ресурсов, завышение реальных сроков выполнения работ по проекту	Срыв плановых сроков
41. Недостаточное владение членов команды проекта технологиями разработки	Вынужденный переход на новую платформу или технологию разработки и изменение среды разработки, обусловленные спецификой проекта. Недостаточный опыт команды разработчиков по использованию технологии разработки	Увеличение числа ошибок в коде (как логических, так и синтаксических), и времени на разработку, дополнительная нагрузка по обучению на сотрудников.	Срыв плановых сроков
42. Недостаточное владение командой проекта технологиями продвижения продукта	Ошибки при планировании и реализации программы продвижения	Несоответствие плановых и фактических показателей результативности программы продвижения. Сокращение объемов продаж	Срыв плановых сроков
43. Низкая производительность членов команды проекта	Нерациональное использование трудовых ресурсов: совмещение сотрудниками нескольких функций (сопровождение действующих систем, повышение квалификации, подготовка технико-коммерческих предложений и пр.)	Дополнительная нагрузка на отдельных сотрудников, возможная потребность в экстремальном программировании	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
44. Недостаточный опыт команды проекта по адаптации и внедрению	Реализация подобного проекта осуществляется данной командой впервые	Дополнительная нагрузка на членов команды проекта. Необходимость в повышении квалификации сотрудников команды. Увеличение сроков выполнения этапов в силу увеличения вероятности ошибочных действий сотрудников	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета. Критические отклонения по требованиям к качеству
45. Отсутствие у команды проекта необходимого опыта по продвижению ПП	Ошибки при планировании и реализации программы продвижения	Несоответствие плановых и фактических показателей результативности программы продвижения	Срыв плана по количеству продаж. Превышение бюджета программы продвижения
46. Низкий уровень взаимозаменяемости сотрудников в команде проекта	Нестабильная кадровая ситуация в команде проекта. Дефицит трудовых ресурсов. Разный уровень квалификации членов команды проекта. Особенности разрабатываемого ПП	Дополнительная нагрузка на отдельных сотрудников в случае вынужденного перераспределения работ по проекту. Привлечение к работам по проекту сторонних специалистов.	Срыв плановых сроков
Технология управления продуктом			
47. Слабая организация планирования и контроля хода выполнения проекта и его отдельных этапов	Ошибки в оценке сроков и объемов работ по проекту, определяемых заказчиком. Недостаточный опыт менеджера проекта	Неравномерное распределение нагрузки на сотрудников компании. Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта	Срыв плановых сроков

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
48. Ошибки в процессе управления изменениями требований	Отсутствие опыта управления требованиями, системой управления версиями требований, должного внимания менеджера проекта отслеживанию состояния требований и связей между ними	Несвоевременно информирование команды проекта об изменении требований. Нечеткие, неполные или противоречивые требования к ПП	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу
49. Ошибки или отсутствие процесса управления проектом	Недостаточный опыт менеджера по управлению программными проектами. Неудачный выбор руководителя проекта из команды разработчиков. Незаинтересованность руководства компании в ПП	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта, бюджета проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
50. Ошибки управления процессом разработки программного продукта	Недостаточный опыт менеджера по управлению проектом. Неудачный выбор руководителя проекта из команды разработчиков. Отсутствие плана и по разработке ПП, текущего контроля и документирования деятельности, наличие ошибок в стратегиях подбора и оценки членов команды	Несоответствие плановых и реальных сроков разработки, недостаточная квалификация членов команды проекта, невозможность оценки и контроля текущего состояния процесса	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
51. Ошибки при определении бюджета проекта	Недостаточный опыт менеджера по управлению проектом. Неудачный выбор руководителя проекта из команды разработчиков. Незаинтересованность руководства компании в ПП	Недостаточное финансирование проекта или задержка финансирования этапов проекта, нестабильность команды проекта, отказ от проекта	Превышение бюджета

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
52. Ошибки в оценках трудоемкости и сроков работ по проекту	Отсутствие или недостаток опыта в оценках трудоемкости и сроков работ. Введение в заблуждение менеджера членами команды разработчиков (завышение степени трудоемкости и сроков работ)	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта. Дополнительный объем работ сотрудников компании	Срыв плановых сроков
53. Несоответствие стандартам, регламентирующим управление проектами	Отсутствие у менеджера проекта опыта управления, слабая поддержка или отсутствие поддержки руководителями компании процесса управления проектами	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта, бюджета проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
54. Появление «забытых» работ	Отсутствие у руководителя полного видения работ по проекту. Изъяны в планировании работ. Отсутствие точек промежуточного контроля. Недостаточный уровень взаимодействия с заказчиком	Позднее обнаружение ошибок, сдвиг сроков тестирования и опытной эксплуатации, дополнительная нагрузка на отдельных членов команды разработки	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по функциональным требованиям
55. Слабый уровень взаимодействия менеджера проекта с заказчиком	Незаинтересованность руководителя проекта в общении с заказчиком. Незаинтересованность представителя заказчика в ПП. Территориальная разобщенность заказчика и исполнителя. Минимальная вовлеченность в проект конечного пользователя	Неполнота и нечеткость требований, увеличение вероятности изменения требований в процессе разработки. Позднее обнаружение ошибок	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к функционалу и качеству

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
56. Отсутствие видения системы в целом у руководителя проекта	Отсутствие прототипа приложения. Совмещение руководства проектом с другими обязанностями руководителем проекта. Неполнота и нечеткость требований	Некомпетентность руководителя проекта в оценивании трудоемкости и состава работ по проекту	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета.
57. Ошибочный выбор метода сегментирования рынка	Недостаточный опыт при сегментировании рынка	Неверное определение целевой аудитории. Низкое количество конечных пользователей. Снижение конверсии	Срыв плана по количеству продаж
58. Недостаточное сегментирование рынка	Недостаточный опыт при сегментировании рынка	Низкое количество конечных пользователей	Срыв плана по количеству продаж
59. Ошибочный выбор целевой аудитории	Недостаточный опыт в продвижении ПП. Занижение прогнозируемых показателей программы продвижения.	Низкое количество конечных пользователей	Срыв плана по количеству продаж
60. Ошибки выбора каналов и инструментов коммуникаций	Недостаточный опыт при продвижении программного продукта	Низкий уровень осведомленности целевой аудитории	Срыв плана по количеству продаж
61. Отсутствие критериев оценки эффективности продвижения ПП	Недостаточный опыт при продвижении программного продукта	Низкая степень разработанности маркетинговой стратегии; невозможность комплексной реализации маркетинговой стратегии	Срыв плана по количеству продаж
62. Недостаточное внимание руководства компании к проекту	Менеджер проекта уделяет недостаточное внимание проблемам управления человеческими ресурсами, контролю технической стороны, допускаются несоответствия в графике разработки.	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
63. Нестабильность принципов менеджмента проектов, принятых в организации	Ненадлежащее отношение руководства компании к управлению проектами. Отсутствие внутренних документов, регламентирующих процесс управления проектами. Нестабильность кадрового состава организации	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта, бюджета проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
64. Слабая поддержка менеджмента проектов со стороны руководства организации	Ненадлежащее отношение руководства компании к управлению проектами. Отсутствие контроля со стороны руководства. Незаинтересованность руководства в реализуемом проекте	Несоответствие плановых и реальных сроков выполнения этапов проекта, бюджета проекта. Несоответствие разработанного продукта требованиям заказчика	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
65. Границы и рамки проекта определены неверно	Слабый уровень взаимодействия менеджера проекта с заказчиком. Отсутствие четкой формулировки и полноты требований к ПП со стороны заказчика, их нестабильность	Необходимость доработки технического задания. Появление дополнительных работ на этапах внедрения и опытной эксплуатации	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета
66. Увеличение объема работ исполнителя в рамках бюджета, выделенного для этапа проекта	Расширение функционала типовой конфигурации разработчиком одновременно с разработкой исполнителем модели на типовой конфигурации	Саботаж сотрудников исполнителя. Увеличение сроков разработки модели. Временное увеличение нагрузки сотрудников исполнителя	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
67. Временное увеличение нагрузки на сотрудников во время согласования модели	Дополнительные работы по изменению типовой конфигурации: расширение функционала разработчиком одновременно с разработкой модели исполнителем	Низкое качество построенной модели. Увеличение сроков построения модели	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству
68. Недостаток информации о внешних компонентах, определяющих окружение ПП или вовлеченных в интеграцию	Низкий уровень качества проведения этапа анализа предметной области и проектирования. Неточные и неполные требования к ПП	Низкий уровень интеграции ПП с существующими у заказчика информационными системами	Критические отклонения по требованиям к качеству
69. Недостаточная осведомленность менеджера проекта о точном состоянии проекта	Недостаточный опыт менеджера проекта. Одновременное руководство несколькими проектами. В работе не используется система контроля версий. Формальное выполнение обязанностей менеджером проекта	Отсутствие возможности корректной оценки текущего состояния проекта	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу
70. Невозможность подбора работников с требуемым профессиональным уровнем	Высокий уровень сложности ПП. Использование новой технологии разработки ПП. Отсутствие в числе сотрудников компании необходимого специалиста	Организация дополнительного обучения сотрудника. Привлечение сторонних специалистов. Дополнительное время на обучение членов команды разработчиков	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
71. Невозможность организовать необходимое обучение персонала	Использование новой технологии разработки ПП	Привлечение сторонних специалистов. Дополнительная нагрузка членов команды разработчиков по организации	Превышение бюджета
72. Недостаточное финансирование проекта	Несоответствие между заявленным бюджетом проекта и существующим финансированием. Ошибки в оценке трудоемкости проекта. Незапланированные расходы по проекту (привлечение сторонних специалистов, обучение и сертифицирование членов команды проекта). Незаинтересованность высшего руководства в проекте	Нестабильный состав команды проекта. Увеличение сроков выполнения этапов проекта и их низкое качество. Саботаж сотрудников	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству
73. Неверное определение масштабов рынка внедрения	Недостаточный опыт по определению рынка внедрения: неверное описание потенциальной целевой аудитории или цели создаваемого ПП (маркетолог не понимает, что выводить на рынок и для кого)	Невозможность реализации маркетинговой стратегии	Срыв плана по количеству продаж
74. Неверное выделение побудительных мотивов потребителей	Низкая конверсия. Отсутствие новых потребителей	Невозможность реализации маркетинговой стратегии; отсутствие стабильного (растущего) рынка сбыта	Срыв плана по количеству продаж
75. Недостаточное количество ресурсов для продвижения ПП	Отсутствие финансовых и трудовых ресурсов для продвижения ПП	Невозможность продвижения ПП на рынок. Ошибки при реализации маркетинговой стратегии	Срыв плана по количеству продаж

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
76. Ошибочные прогнозы объема продаж	Использование неадекватного метода прогнозирования. Отсутствие исходных данных для прогнозирования	Несоответствие плановых и фактических показателей результативности программы продвижения	Срыв плана по количеству продаж
77. Недостаточная проработка коммуникационных сообщений	Отсутствие опыта в составлении коммуникационных сообщений. Неверное описание потенциальной целевой аудитория или цели создаваемого ПП (маркетолог не понимает, что выводить на рынок и для кого). Неверное выделение побудительных мотивов потребителей	Несоответствие плановых и фактических показателей результативности программы продвижения. Заниженная реакция пользователей на коммуникационные воздействия	Срыв плана по количеству продаж
78. Низкий уровень внутренней организации работ при выполнении проекта, неумение работать в реальном времени	Неопытность менеджера проекта. Отсутствие графика промежуточного контроля. Слабый уровень коммуникации между членами команды проекта	Увеличение вероятности позднего обнаружения ошибок. Разработка плохо согласованных между собой компонентов ПП	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству
Технология управления разработкой			
79. Высокая скорость устаревания применяемых технологий	Специфика разрабатываемого ПП. Текущее состояние рынка технологий	Низкий уровень интеграции ПП с существующими у заказчика ИС и аппаратно-программным комплексом	Критические отклонения по требованиям к качеству
80. Ошибки при выборе программно-аппаратной платформы и средств реализации продукта	Низкое качество проведения этапа сбора требований. Неполные и неточные требования к проекту. Низкая квалификация членов команды проекта	Вынужденный возврат на этап анализа предметной области и проектирования	Срыв плановых сроков проекта

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
81. Недостаточные навыки владения инструментарными средствами разработки ПП	Отсутствие в команде проекта необходимых специалистов. Использование новых технологий разработки.	Увеличение сроков выполнения этапов проекта. Организация дополнительного обучения членов команды разработчиков. Привлечение сторонних специалистов	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
82. Использование при разработке ПП новых программных средств и технологий	Требования заказчика ПП. Желание руководителей компании соответствовать современному уровню развития информационных технологий	Дополнительное время на обучение членов команды. Привлечение сторонних специалистов. Увеличение времени выполнения этапа разработки. Несоответствие разработанного ПП требованиям к качеству	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству. Превышение бюджета
83. Неполный учет всех особенностей кэширования	Отсутствие в команде разработки специалиста по информационной безопасности интернет-приложений	Некорректная работа системы, влекущая убытки заказчика ПП	Критические отклонения по требованиям к качеству
84. Неоптимальное использование возможностей API	Отсутствие в команде разработки специалиста по информационной безопасности интернет-приложений	Повышение вероятности уязвимости системы, вызывающее возникновение риска критических отклонений по требованиям к качеству ПП	Критические отклонения по требованиям к качеству
85. Изменение платформы, используемой заказчиком при реализации проекта	Изменение конфигурации технических средств заказчика во время реализации проекта	Дополнительные работы по проекту, связанные с адаптацией разработанного ПО к новым конфигурациям технических средств заказчика	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
86. Недостаточная зрелость технологий, применяемых в процессе реализации проекта	Использование новых технологий разработки ПП	Увеличение сроков этапов проектирования и программирования ПП. Дополнительное время на обучение членов команды разработчиков. Низкое качество ПП	Срыв плановых сроков. Отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
Потребители			
87. Незаинтересованность руководства во внедрении ПП	Несоответствие функционала ПП требованиям заказчика. Консерватизм руководителей организации заказчика, незнание возможностей ПП. Отсутствие или недостаточный уровень рекламы ПП. Недостаточные действия менеджера проекта по разъяснению возможностей ПП	Отказ от проекта. Затягивание процесса подписания контракта на разработку. Неполные, неточные или противоречивые требования	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
88. Нечеткие функциональные и нефункциональные требования к проекту	Отсутствие опыта составления требований у заказчика. Отсутствие ряда функциональных требований (наличие программы установки, возможность настройки, конкретная конфигурация, миграция данных, интерфейсы с внешними системами, наличие справочной системы) и нефункциональных требований к ПП: производительность, надежность, открытость, масштабируемость, безопасность, портируемость, эргономичность	Ошибки в планировании финансовых и временных затрат по проекту. Увеличение вероятности изменения требований.	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
89. Отсутствие опыта представителей заказчика в реализации подобных проектов	Отсутствие у представителей заказчика необходимых знаний предметной области	Нечеткие функциональные и нефункциональные требования к проекту.	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу
90. Непредоставление заказчиком информации, необходимой для составления технического задания в указанные сроки	Отсутствие опыта заказчика при реализации подобных проектов. Недостаток квалификации заказчика. Преднамеренное утаивание информации заказчиком. Отсутствие фиксированного договора по выполняемым работам	Изменение сроков подготовки технического задания	Срыв плановых сроков
91. Недостаточная готовность производства (бизнес-процесов) к внедрению ПП	Недостаток квалификации заказчика как пользователя. Отсутствие со стороны заказчика мероприятий, разъясняющих необходимость внедрения ПП. Недостаточность мотивации конечных пользователей	Увеличение сроков этапа внедрения ПП. Отказ конечных пользователей от ПП	Срыв плановых сроков
92. Нестабильность требований к ПП со стороны заказчика	Нестабильность бизнес-процессов заказчика. Отсутствие опыта заказчика при реализации подобных проектов. Слабое вовлечение представителей заказчика в процесс реализации проекта	Частое изменение требований к создаваемому ПП. Сдвиг плановых сроков этапов разработки ПП. Дополнительный объем работ членов команды проекта по доработке ПП	Срыв плановых сроков
93. Незаинтересованность отдельных сотрудников заказчика во внедрении ПП	Отсутствие мотивации сотрудников заказчика. Продвижение сотрудниками заказчика другого ПП. Отсутствие мероприятий по разъяснению преимуществ ПП	Увеличение сроков этапа внедрения ПП. Отказ конечных пользователей от ПП	Срыв плановых сроков

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
94. Незаинтересованность IT-специалистов заказчика во внедрении ПП	Недостаточность квалификации и отсутствие мотивации IT-специалистов. Продвижение ПП конкурентов IT-специалистами. Недостаточная степень участия IT-специалистов заказчика в процессе разработки ПП	Увеличение сроков этапа внедрения ПП. Дополнительный объем работ членов команды разработчиков по технической поддержке пользователей ПП	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета
95. Низкий уровень подготовки квалификации сотрудников заказчика по информационным технологиям	Отсутствие мероприятий по подготовке пользователей ПП. Некачественные учебно-методические материалы по ПП. Временное увеличение нагрузки на сотрудников заказчика во время обучения	Увеличение сроков этапа внедрения ПП. Отказ конечных пользователей от ПП. Дополнительное финансирование программы обучения пользователей. Дополнительный объем работ членов команды по технической поддержке пользователей ПП	Срыв плановых сроков. Превышение бюджета
96. Незаинтересованность сотрудников заказчика в обучении информационным технологиям	Отсутствие мотивации к обучению. Временное увеличение нагрузки на сотрудников заказчика во время обучения. Незаинтересованность сотрудников заказчика в ПП	Увеличение сроков этапа внедрения ПП	Срыв плановых сроков
97. Активное или пассивное сопротивление сотрудников заказчика	Незаинтересованность сотрудников заказчика во внедрении ПП. Отсутствие мероприятий по разъяснению преимуществ ПП	Отказ от использования ПП	Срыв плановых сроков
98. Временное увеличение нагрузки на сотрудников заказчика во время внедрения системы	Высокая загруженность сотрудников заказчика	Увеличение сроков этапа опытной эксплуатации. Саботаж сотрудников заказчика. Формальное проведение этапа опытной эксплуатации	Срыв плановых сроков

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
99. Временное увеличение нагрузки на сотрудников заказчика во время обучения	Отсутствие расписания занятий. Плохое качество учебно-методических материалов. Высокая загруженность сотрудников заказчика	Увеличение сроков обучения. Несовпадение фактического и запланированного сроков окончания этапа внедрения ПП	Срыв плановых сроков
100. Отказ от использования ПП	Отсутствие мотивации конечных пользователей. Продвижение другого ПП отдельными пользователями. Отсутствие мероприятий по разъяснению преимуществ ПП	Увеличение сроков этапа опытной эксплуатации. Саботаж сотрудников заказчика	Срыв плановых сроков.
101. Ухудшение финансовой ситуации организации-заказчика	Нестабильность экономической ситуации в государстве. Нестабильность структуры организации и несовершенное управление	Нестабильное финансирование работ по проекту	Срыв плановых сроков
102. Нестабильность структуры организации	Несовершенное управление организацией. Низкий уровень квалификации кадрового состава	Отсутствие должного внимания со стороны руководства к реализуемым проектам. Изменение приоритетов в управлении проектом	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу. Превышение бюджета
103. Отказ сотрудников заказчика от участия в реализации проекта	Высокая загруженность сотрудников заказчика. Незаинтересованность руководства организации-заказчика в реализации проекта. Недочеты в работе руководителя проекта по организации взаимодействия с заказчиком	Неполные и неточные требования к ПП. Позднее обнаружение ошибок. Несоответствие функционала разработанного ПП потребностям пользователей	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
104. Отсутствие у конечных пользователей представления о понятиях или деталях разработки системы	Слабое вовлечение сотрудников заказчика в процесс реализации проекта. Большой разрыв в квалификации специалистов разных областей знаний	Неполные и неточные требования к программному продукту	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству и функционалу
105. Нестабильное финансирование работ по проекту	Отсутствие пакета юридических документов, регламентирующих процесс финансирования работ по проекту. Несоблюдение организацией-заказчиком условий контракта по финансированию. Ухудшение финансовой ситуации организации-заказчика	Задержка оплаты труда членов команды проекта	Срыв плановых сроков
106. Противоречивость требований к ПП	Отсутствие опыта составления требований у заказчика. непонимание заказчиком поставленной перед ним задачи	Позднее выявление ошибок на этапах разработки и интеграции ПП и вынужденное уточнение требований	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству
Партнеры			
107. Появление новых аналогичных продуктов	Выход на рынок аналогичного ПП. Актуальность разработки ПП	Повышение конкуренции среди ПП. Невозможность вывода на рынок ПП	Срыв плана по количеству продаж
108. Непредсказуемое поведение конкурентов	Отсутствие информации о возможных конкурентах. Наличие на рынке аналогичных программных продуктов	Нечеткое определение конкурентных преимуществ ПП	Срыв плана по количеству продаж

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
109. Дискредитация ПП со стороны конкурентов	Наличие на рынке аналогичных ПП. Высокий уровень конкуренции на рынке аналогичных ПП	Невозможность вывода на рынок ПП. Пересмотр плана маркетинговой компании	Срыв плана по количеству продаж. Превышение бюджета
110. Пиратское распространение копий ПП	Появление в сети Интернет лицензионных ключей или «взломанных» версий ПП. Недостаточный уровень защиты ПП от несанкционированного копирования	Незаинтересованность потенциальных потребителей в использовании легальных копий	Срыв плана по количеству продаж
111. Изменение цен на услуги связи	Тарифная политика поставщиков услуг. Экономическая ситуация в государстве. Высокий уровень инфляции	Дополнительные расходы на рекламную компанию	Превышение бюджета программы продвижения
112. Изменение цен на размещение рекламы	Тарифная политика поставщиков услуг. Экономическая ситуация в государстве. Высокий уровень инфляции. Пересмотр маркетинговой программы	Дополнительные расходы на рекламную компанию	Превышение бюджета программы продвижения
113. Изменение цены на лицензионное ПО, использующееся при разработке ПП	Тарифная политика поставщиков услуг. Экономическая ситуация в государстве. Высокий уровень инфляции. Выпуск новых версий программного обеспечения	Дополнительные финансовые расходы по проекту	Превышение бюджета
114. Ненадёжная работа аутсорсинговых компаний	Отсутствие опыта работы менеджера проекта с аутсорсинговыми компаниями и низкий уровень квалификации сотрудников этих компаний. Отсутствие юридической поддержки отношений между компаниями	Смена аутсорсинговой компании	Срыв плановых сроков. Критические отклонения по требованиям к качеству

Продолжение табл.

Факторы	Условия возникновения	Последствия проявления	Влияние на результат
Государство и рынок			
115. Нестабильность нормативно-правовых механизмов ведения бизнеса у заказчика и/или исполнителя	Изменение политики государства в области бизнеса заказчика и/или исполнителя. Принятие законов по регулированию бизнес-процессов в области применения ПП. Изменение структуры нормативно-правовых актов	Изменение условий контракта и связанные с этим доработки по проекту в соответствии с новыми нормативно-правовыми механизмами	Превышение бюджета. Срыв плановых сроков
116. Нестабильность курса валют	Изменение экономической и политической обстановки в государстве.	Возможное изменение цен на ПП, рекламу, услуги	Превышение бюджета
117. Отсутствие установившейся законодательной практики по защите авторских и имущественных прав	Отсутствие нормативно-правовых актов по защите авторских и имущественных прав. Отсутствие патентов, свидетельств регистрации на разработанное ПП	Потеря прав на разрабатываемый ПП	Провал проекта.
118. Изменение экономической ситуации в государстве, отрасли, регионе	Экономический кризис	Изменение платежеспособности потребителей	Срыв плановых сроков
119. Изменение ставок по кредитам	Нестабильность экономической ситуации в государстве. Экономический кризис	Увеличение платежей по кредиту. Изменение финансового положения исполнителя и/или заказчика. Нестабильное финансирование работ по проекту	Срыв плановых сроков. Провал проекта
120. Изменение ситуации на рынке ПП	Изменение условий регистрации патента. Появление на рынке новых аналогичных продуктов	Повышение конкуренции среди ПП. Невозможность вывода на рынок программного продукта	Превышение бюджета

Оглавление

Введение	3
1. Управление процессами реализации программного проекта	
1.1. Программный продукт как объект проектной деятельности <i>Особенности нового программного продукта [6]; Жизненный цикл вывода на рынок нового программного продукта [9]; Оценка качества программного продукта [18]</i>	6
1.2. Стандартизация деятельности по управлению проектами <i>Специфика программного проекта [21]; Оценка качества управления проектами [24]; Стандарты управления рисками проектов [25]</i>	21
2. Риски и рискообразующие факторы разработки программных продуктов	
2.1. Понятия и классификация рисков и рискообразующих факторов <i>Анализ существующих подходов к определению и классификации риска и рискообразующих факторов [46]; Новые подходы к классификациям риска и рискообразующих факторов [53]</i>	46
2.2. Семантическая модель процесса управления рисками программных проектов	60
<i>Особенности управления рисками проектов [60]; Этапы управления рисками [63]</i>	
3. Нечеткие модели оценки рейтинга рискообразующих факторов	
3.1. Общая постановка задачи	78
3.2. Нечеткая модель и алгоритмы вычисления рейтинга рискообразующих факторов.....	81
3.3. Оценка рейтинга рискообразующих факторов при заключении контракта на оказание услуги по адаптации и внедрению программного продукта	100
<i>Идентификация рисков и рискообразующих факторов [101]; Выделение значимых рискообразующих факторов [106]</i>	
4. Нечеткие когнитивные модели выбора мероприятий по реагированию на проявление критичных рискообразующих факторов	
4.1. Задача мониторинга и анализа текущего состояния рисков проекта	110
4.2. Модель формирования мероприятий по реагированию на проявление критичных факторов	112
4.3. Когнитивная модель формирования решений при управлении рисками на этапе продвижения рыночного программного продукта	121
Литература	132
Приложение	137

Научное издание

**Ехлаков Юрий Поликарпович
Пермякова Наталья Викторовна**

**НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ
РИСКАМИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ**

Монография

Подписано в печать 22.12.20. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 10,0. Тираж 100 экз. Заказ **520**.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40. Тел. (3822) 53-30-18.