

# Разработка методики риск-оптимального планирования для инновационного проекта в нефтегазовом секторе



**В. В. Шмат,**

*к. э. н., ведущий научный сотрудник,  
Институт экономики и организации промышленного  
производства СО РАН; доцент кафедры  
применения математических методов  
в экономике и планировании  
petroleum-zugzwang@yandex.ru*



**Д. С. Юва,  
аспирант**

*daryayuva@gmail.com*

## **Новосибирский государственный университет**

*Предложен методический подход к планированию инновационных проектов в нефтегазовом секторе, основанный на применении интегрального (комплексного) анализа рисков и оптимизации проектного сетевого графика. Интегральный анализ рисков подразумевает: структурирование возможных риск-событий; выделение макро- и микрорисков; качественную и количественную оценку идентифицированных рисков; разработку регламента деятельности, связанной с управлением рисками. В сетевой граф (в отличие от традиционного метода PERT) наряду с параметрами времени и стоимости работ вводится параметр риск-фактора, определяемый путем построения матриц риска. Модель сетевого графика представляет собой задачу нелинейной оптимизации по критериям минимума времени, стоимости и риска выполнения проекта. Применение предлагаемой методики, как показывает ее апробация на реальном проекте по созданию технологической инновации для нефтедобывающего производства, позволяет существенно улучшить показатели проекта и тем самым повышает шансы на его успешную реализацию.*

**Ключевые слова:** нефтегазовый сектор, инновационный проект, управление рисками, интегральный анализ рисков, матрица рисков, сетевая модель, сетевой график проекта, оптимизация.

## **Введение**

Переход на инновационный путь развития для российского нефтегазового сектора представляет одновременно жизненно важную потребность и серьезную проблему. В частности, необходимость широкого применения новых технологий в добыче имеет объективную природу, вызванную прежде всего ухудшением ресурсно-сырьевой базы. «Стареющие» нефтегазоносные провинции истощаются, а выход в новые (вплоть до арктического шельфа), характеризующиеся более сложными, если не сказать — экстремальными, — природно-климатическими и горно-геологическими условиями, чрезвычайно труден. И в том и в другом случае привычные, хорошо освоенные технологии поиска, разведки и добычи углеводородов зачастую оказываются неприемлемыми. Западные санкции сегодня лишь усугубляют проблему технологического прогресса в отечественном нефтегазовом секторе, придавая ей некоторую специфику, ограничивая возможности инновационного развития за счет импорта современных

технологий. Хорошо это или плохо, но сложились условия, при которых мы вынуждены главным образом рассчитывать на собственные силы и возможности.

Принимая во внимание особенности нефтегазовой отрасли и причины низкой инновационной активности, можно отметить, что сегодня при внедрении инноваций значимую роль играют следующие обстоятельства, порождающие проектные риски:

- высокая капиталоемкость — большая вероятность потери вложенных средств;
- длительные сроки реализации большинства проектов и продолжительный период отдачи инвестиций;
- множественные специфические факторы (геологические, технические, политические, экологические и проч.) возникновения рисков;
- высокая волатильность и непредсказуемость цен на нефть и газ;
- наличие разных заинтересованных групп и несогласованность их интересов — риски стейкхолдеров влияют на проекты.

Опрос, проведенный в 2013 г., когда цены на нефть были еще на уровне 100 \$/барр., показал, что 54% компаний нефтегазового сектора планируют увеличить расходы на разработку и внедрение инноваций в сегменте upstream, а в сегменте downstream — 58% опрошенных [1]. Однако падение цен на нефть поменяло отношение к инвестициям в инновационные проекты — год спустя уже менее половины компаний в каждом из сегментов (по 48%) были готовы вкладывать дополнительные средства в исследования и разработки [2]. Логично предположить, что в современных условиях инновационная активность российских нефтегазовых компаний стала еще ниже. Наблюдаются также изменения в стратегии внедрения инноваций — они не носят радикальный характер и, как правило, не сопряжены с крупными финансовыми вложениями, а наоборот, становятся более инкрементальными. Важно отметить, что при снижении рентабельности добычи нефти, топ-менеджмент компаний нацеливается на приобретение недорогих, но эффективных технологий. Соответственно, вопрос управления инновационными проектами встает еще более остро: как спланировать и реализовать проект, который эффективно решает проблему заказчика, но при этом останется в допустимых затратных рамках?

Не вызывает сомнений, что применительно к различным ресурсным объектам требуются различные подходы к освоению и осуществлению инновационного процесса. Новые провинции и крупные месторождения объективно представляют собой объект для деятельности крупных компаний, располагающих значительными финансовыми, производственными и организационными возможностями. Малые же и средние компании могут занять достойное место в процессе освоения маргинальных ресурсных объектов и в сервисном сегменте НГС, включая инновационно ориентированный [3]. Создание и внедрение (прежде всего пилотное) новых технологий, сопряженные с высокой неопределенностью затрат и результатов, в значительной степени представляют собой сферу деятельности для небольших фирм и компаний, толерантных к риску.

### Общая характеристика методического подхода

В настоящее время динамика инновационного процесса на секторальном уровне сдерживается целым рядом экономических и институционально-организационных проблем не только в самом НГС, но и в сфере НИОКР. На проектном уровне добавляется проблема управления, что требует выработки и применения адекватных подходов к управлению инновационными проектами, учитывающих разнообразные риски. Одним из таких подходов является ситуационный, или (что в сущности то же самое) проблемно-ориентированный. Как мы полагаем, высокая применимость ситуационного подхода при управлении инновационными проектами обусловлена тем, что он опирается на диагностику ситуации для выявления существующих проблем и разработки эффективных мер, направленных на их устранение или ослабление.

В рамках ситуационного подхода могут использоваться различные математические модели и инструментальные методы для задач по планированию проекта (включая оптимизацию плана работ), выявлению и разрешению проблемных ситуаций, оценке и юстификации рисков, мониторингу процесса реализации, контролю результатов и проч. На сегодняшний день наиболее актуальным представляется формирование системных (интегрированных) оценочно-аналитических методик, поскольку в отдельности ни один из известных классов моделей, имплементированных в ситуационном управлении, не позволяет решить все задачи. В фазе планирования проекта, по нашему мнению, целесообразно использовать такие инструменты, как сетевая модель, дерево решений и матрицы рисков.

В нашем понимании сетевая модель позволяет имитировать динамический процесс реализации проекта по аналогии с развитием проблемной ситуации, имеющей различные исходы. При этом мы отходим от традиционного взгляда на сетевое управление, ориентированного на два ключевых параметра (время и стоимость выполнения работ, помещенных на сетевой граф) с поиском критического пути. И сетевое планирование и методы риск-менеджмента применимы к управлению инновационным проектом. Новизна разрабатываемой нами методики состоит в том, что расширенный анализ и управление рисками интегрированы в процесс формирования и оптимизации сетевого графа. Мы полагаем, что модифицированная таким образом оптимизационная сетевая модель будет давать более адекватные и точные результаты, чем обычные модели, применяемые в рамках PERT-метода.

Помимо обычных параметров каждой работе сетевого графа присваивается еще один параметр, который мы назвали «риск-фактором» и который комплексным образом характеризует степень риска, сопряженного с выполнением работы, т. е. отражает вероятность наступления ситуации риска (неблагоприятной ситуации) и силу ее воздействия (масштаб последствий). Мы используем инструмент построения риск-матриц [4], позволяющий рассчитывать значения риск-факторов работ в виде произведения вероятности возникновения и степени воздействия на результаты проекта (рис. 1). Указанные параметры оцениваются экспертным образом на основе опыта ведения бизнеса в отрасли: как часто имел место подобный (схожий) риск и к каким последствиям он приводил.

|             |                 | Воздействие  |        |           |         |                  |
|-------------|-----------------|--------------|--------|-----------|---------|------------------|
|             |                 | Очень слабое | Слабое | Умеренное | Сильное | Катастрофическое |
| Вероятность | Невероятный     | -1           | -2     | -3        | -4      | -5               |
|             | Маловероятный   | -2           | -4     | -6        | -8      | -10              |
|             | Возможный       | -3           | -6     | -9        | -12     | -15              |
|             | Вероятный       | -4           | -8     | -12       | -16     | -20              |
|             | Очень вероятный | -5           | -10    | -15       | -20     | -25              |

Рис. 1. Матрица рисков (значений риск-фактора) по комбинации вероятности возникновения и степени воздействия

При таком подходе время, стоимость и значение риск-фактора рассматриваются в качестве переменных величин, взаимосвязанных друг с другом, а задача на сетевом графе в общем случае сводится к нелинейной оптимизационной модели, в которой переменными являются показатели интенсивности выполнения работ (нормальная интенсивность=1). Стоимость и величина риск-фактора по каждой работе находятся в прямой функциональной зависимости от интенсивности. Минимизируется время и общий риск реализации проекта по работам, лежащим на критическом пути сетевого графа. Важно отметить, что в процессе оптимизации может происходить изменение состава работ, лежащих на критическом пути.

### Интегральный риск-менеджмент

При построении методики мы исходим из того, что реализация инновационных проектов тесно связана с рисками, которые присутствуют на каждой стадии: от зарождения идеи до масштабирования на рынке и поддержания дееспособности выпущенного продукта или услуги. Существует множество классификаций рисков по разным критериям, но наиболее подходящей с нашей точки зрения является следующая (табл. 1).

Существует определенная логика риск-менеджмента, которая уместна при осуществлении инновационных проектов, а начинается все с планирования. Иными словами, обязательным условием успешного противостояния рискам является планомерность деятельности, осуществляемой в рамках риск-менеджмента и включающей идентификацию, анализ и оценку рисков, выбор способов реагирования, разработку и проведение мероприятий по ослаблению рисков и преодолению возможных негативных последствий (табл. 2). Все процессы риск-менеджмента должны быть формализованы и документированы.

На основе результатов качественного и количественного анализа руководство компании (проекта) определяет, как реагировать на ситуацию риска. Эта реакция может быть различной и подразумевать исключение или снижение риска, передачу (трансфер) риска или принятие риска. В случае принятия риска оцениваются вероятности возникновения и масштабы последствий рискованных ситуаций, рассчитывается баланс издержек и выгод, выбирается способ ответа, при

условии, что остаточный риск не превышает предельно допустимого уровня. Закономерно при этом, что максимум издержек (но не выгод) обычно сопряжен с практически полным отказом от риска, с подготовкой и проведением мероприятий, нацеленных на минимизацию вероятности возникновения ситуаций риска.

При выявлении возможностей реагирования на риск требуется интегральный (комплексный) подход, а мерой для определения допустимости остаточного риска является такая категория, как склонность к риску. Сравнение различных рисков осуществляется с использованием критериев, установленных для определения вариантов ослабления рисков, включая затраты, выгоды и приоритеты. При этом необходимо иметь в виду, что стремление избавиться от какого-либо одного специфического риска может иметь последствием усиление других рисков и сказываться на многих видах деятельности. Понимание сложности каждого вида рисков приводит нас к тому, что управление рисками должно строиться на основе портфельного принципа. Оценка же баланса относительных затрат и выгод, связанных с альтернативными вариантами реагирования на риск, необходима из-за ограниченности ресурсов, которыми обычно располагает компания или которые могут быть выделены на реализацию проекта. Следует отметить, что измерение затрат и выгод от деятельности в рамках риск-менеджмента осуществляется с различной степенью точности и, как правило, затраты могут быть рассчитаны с большей точностью, нежели эффекты.

Логическим завершением системы риск-менеджмента являются процедуры мониторинга и контроля. Для адекватной оценки эффективности риск-менеджмента необходимо постоянное наблюдение за рисками, равно как и за деятельностью по их предотвращению и ослаблению. Должны составляться реестры выявленных рисков с указанием того, насколько эффективными оказались противодействующие меры, и с прогнозами развития ситуации, с оценкой возможностей выявления новых рисков. Мониторинг нужен для того, чтобы строго соблюдались следующие принципы:

- любые выявляемые риски имеют своих «риск-холдеров», т. е. менеджеров компании (проекта), обладающих полномочиями и ресурсами для принятия решений по обработке рисков и адекватных, вызывающих доверие ответных мер;

Типизация рисков в бизнесе [4]

Таблица 1

| Тип риска                           | Характеристика  |
|-------------------------------------|---|
| Риски, связанные с бизнесом в целом | Компания принимает этот риск, полагая, что он поможет создать конкурентное преимущество в рамках отрасли (на продуктовом рынке, в сфере технологических инноваций, в дизайне продукции, в маркетинге). Он также включает последствия макро-рисков (которые, например, являются результатом макроэкономических циклов) |
| Риски, не связанные с бизнесом      | Стратегические риски; глобальные сдвиги в экономической или политической областях   |
| Финансовые риски                    | Относятся к возможным потерям на финансовых рынках, например, из-за неблагоприятных изменений рыночных цен (кредитные риски, риски потери ликвидности)  |
| Операционные риски                  | Проблемы во внутренних системах или людях, которые в них функционируют  |
| Правовые риски                      | Вытекают из перспективы ужесточения контрактных условий вследствие дополнительных требований по охране здоровья и окружающей среды  |

Основные процессы риск-менеджмента [5]

| Процесс                     |                               | Содержание  |
|-----------------------------|-------------------------------|---|
| Оценочная фаза              | Планирование риск-менеджмента | Принятие решений относительно того, как применять и осуществлять деятельность в рамках проектного риск-менеджмента  |
|                             | Идентификация рисков          |   |
|                             | Анализ рисков                 | Качественный анализ   |
| Количественный анализ       |                               | Измерение вероятностей возникновения риск-ситуаций и их последствий, оценка меры воздействия на ожидаемые результаты проекта  |
| Фаза реагирования на риск   |                               | Разработка процедур и методов, направленных на усиление способности противостоять рискам и на ослабление возможных угроз  |
| Фаза мониторинга и контроля |                               | Мониторинг остаточных рисков, выявление новых рисков, выполнение планов по снижению риска, а также оценка их эффективности на протяжении всего жизненного цикла проекта |

- управление рисками постоянно происходит в соответствии с планом, а планы обработки рисков выполняются в соответствии с установленным графиком и другими ключевыми параметрами;
- периодически составляется обзор рисков (с помощью реестра или журнала рисков) и проводятся консультации для того, чтобы оценить необходимость дополнительных усилий по управлению рисками.

Самое же главное состоит в том, что процесс управления рисками должен быть непрерывным, т. е. все фазы и операции риск-менеджмента должны циклически повторяться на протяжении всей жизни компании или проекта [6].

Естественно допустить или предположить, что возникающие проектные риски могут относиться сразу к нескольким категориям или могут быть последствием возникших макрорисков. Отсюда возникла идея рассматривать микрориски проекта (или риски, связанные с бизнесом в целом) и макрориски (риски, не связанные с бизнесом, но заметно влияющие на результаты его функционирования) вместе. В литературе существуют различные классификации макрорисков, однако наилучшим подходом к их идентификации при планировании конкретного проекта является интервью с разработчиками. Так, была выделена группа макрорисков, включающая: опоздание на рынок; сговоры потребителей и производителей; отсутствие высококвалифицированных специалистов; сложности сертификации; слишком дорогостоящие сырье и материалы, используемые в проекте; проблемы с финансовым обеспечением проекта; сложность организации и координации выполнения проекта и др. Поскольку участники проекта не могут прямо влиять на эти факторы, но они, в свою очередь, определяют успешность проекта, то предлагается их рассматривать до начала проекта и по завершении каждого этапа. Единственным способом, который позволяет воздействовать на макрориски, является оптимизация параметров проекта: чем меньше время и стоимость, тем меньше вероятность того, что макроэкономические риски будут представлять угрозу для проекта. Иными словами, оптимизация графика выполнения проекта и сокращение затрат позволяют минимизировать макрориски.

Далее рассмотрим, как в методике учитываются микрориски или риски, непосредственно влияющие на выполнение работ проекта. Список наиболее вероятных микрорисков включает, к примеру: ужесточение требований по продолжительности выполнения работ; обнаружение ошибок в разработанных частях программного обеспечения; бюрократические и иные формальные препятствия в сертификации и получении патентов; отсутствие доступа к месторождениям для тестирования оборудования, программ или сбора данных; сбои в работе системы запуска и т. д. Риски оцениваются на основе описанной матрицы путем перемножения показателей вероятности и тяжести последствий возникновения риск-ситуации. Указанные параметры оцениваются экспертным образом в соответствии с опытом работы в бизнесе и установленной таким образом частотой возникновения риск-ситуаций в секторе и возможными последствиями.

Если для какой-либо работы на сетевом графе значение риск-фактора из матрицы находится ниже побочной диагонали, это является потенциальной угрозой (признаком возможного возникновения проблемной ситуации на стадии реализации проекта) и требует поиска решения, нацеленного на уменьшение вероятности возникновения риск-ситуации и/или тяжести ее последствий. Начальное событие (на графе) опасно-проблемной работы, таким образом, становится исходным узлом для построения локального дерева принятия решений, каждое из которых характеризуется некоторой продолжительностью во времени, величиной затрат и риска. В общем случае меры по сокращению риска могут привести к увеличению стоимости и/или времени выполнения проблемной работы. Наряду с абсолютным сокращением локального риска возможны решения, связанные с трансфером части риска на другие работы либо с отсрочкой выполнения оцениваемой работы, т. е. должны произойти некоторые изменения на сетевом графе проекта [7]. В итоге находятся необходимые меры, позволяющие юстифицировать риски по всем работам, и таким образом формируются параметры сетевого графа для последующей оптимизации.

Необходимым шагом является снижение степени риска для работ, лежащих на критическом пути сетевого графа, или для тех работ, которые признаются чрез-

мерно рискованными, т. е. сулящими потенциальные проблемы в будущем. Для этой цели разрабатывается специальный план действий индивидуально для каждой проблемной работы с формированием временного резерва и/или увеличением стоимости выполнения. Планы по юстификации рисков могут включать в себя как абсолютное сокращение локального риска, ассоциированного с той или иной работой, так и передачу (трансфер) части риска на другие работы или отсрочку исполнения работы. В результате находятся меры по юстификации рисков и уточняются параметры сетевого графа для последующей оптимизации.

### Оптимизационная сетевая модель проекта

Модель проекта описывается графом  $G(J, E)$ , где  $j \in J$  – множество всех работ проекта, включая подмножество  $j' \in J'$  работ, относящихся к критическому пути;  $e \in E$  – множество событий, в котором выделяется подмножество  $e' \in E'$  событий, находящихся на критическом пути.

Входными параметрами модели являются показатели времени  $T_j$ , стоимости  $C_j$  и риск-факторов  $R_j$  для каждой работы, соответствующие нормальной интенсивности ее выполнения. Расчет полного и свободного резерва времени и полного и свободного резерва риска проводятся на сетевом графе обычным образом до проведения оптимизации. Важно, что нулевые свободный и полный резервы являются критерием отнесения работ к критическому пути по времени или риску выполнения проекта.

Переменными модели являются ограниченные сверху и снизу интенсивности выполнения всех работ  $I$  ( $I_{\min} \leq I_{\text{норм}} \leq I_{\max}$ ). Нормальная интенсивность имеет значение, равное 1, когда работа выполняется согласно изначальному (не оптимизированному) плану проекта. При отклонении времени выполнения работы от планового имеем следующее: чем дольше продолжительность работы, тем меньше показатель интенсивности, и наоборот. Нижний и верхний пределы для интенсивностей выполнения работ рассчитываются согласно параметрам PERT-метода:

$$I_{\min} = T_j/B_j,$$

где  $B_j$  – это максимально возможная продолжительность работы (включает временной резерв, оцененный по результатам анализа рисков);

$$I_{\max} = T_j/A_j,$$

где  $A_j$  – минимально возможная продолжительность работы, рассчитанная на основе экспертных представлений.

Модель строится на основе ряда гипотез и допущений.

1. Зависимость стоимости выполнения работы от интенсивности является нелинейной, т. е. при изменении интенсивности на единицу стоимость работы возрастает более чем на единицу (рис. 2).
2. Зависимость риска работы от интенсивности является нелинейной. Как правило имеет место

прямая зависимость степени риска от времени выполнения работ: чем выше интенсивность работы, тем больше риск (при максимуме интенсивности достигается максимальный риск), и наоборот, но чрезмерное затягивание времени выполнения работы (снижение интенсивности) приводит к возрастанию риска. Это может быть объяснено вероятностью отказа контракторов от работы и/или появлением новых конкурентов при слишком долгих сроках осуществления проекта. Увеличение риска с ростом интенсивности происходит довольно стремительно, а на противоположном конце графика после точки перегиба наблюдается сравнительно небольшой прирост риска при значительном сокращении интенсивности, т. е. увеличении продолжительности работ (рис. 2).

3. Не имеет смысла оптимизация параметров всех работ проекта, поскольку его продолжительность зависит от критического пути. Следовательно, оптимизация риска и стоимости изначально осуществляется только для тех работ, которые лежат на критическом пути.
4. Если для работы предусмотрен план по сокращению риска, который включает увеличение времени и/или стоимости работы, это не означает, что такого рода коррекция параметров будет обязательно включена в оптимальный план проекта.

Целевая функция модели может быть представлена в трех вариантах (проблема улучшения показателей проекта может быть решена в трех направлениях).

1. Минимизация стоимости всего проекта

$$C_{\min} = \sum_{j \in J} (C_{j \text{ опт}} + C_{j \text{ прев}}) \rightarrow \min,$$

где  $C_{j \text{ опт}} = P_{j \text{ опт}} T_{j \text{ опт}}$ ;  $T_{j \text{ опт}}$  – оптимальное время выполнения работы ( $T_{j \text{ опт}} = T_j/I_{j \text{ опт}}$ ;  $I_{j \text{ опт}}$  – оптимальная интенсивность работы), которое включает время, необходимое для юстификации риска;  $P_{j \text{ опт}}$  – оптимальная стоимость работы, которая функционально зависит от оптимальной интенсивности работы ( $I_{j \text{ опт}}$ ) и нормальной цены работы ( $P_j = C_j/T_j$ ), т. е.

$$P_{j \text{ опт}} = P_{j \text{ опт}} I_{j \text{ опт}}^{\alpha(j)};$$

где  $\alpha(j)$  – коэффициент экспоненциальной функции;  $C_{j \text{ прев}}$  – это приращение затрат на выполнение работы, связанное с юстификацией риска, если последний превосходит заданный допустимый уровень.

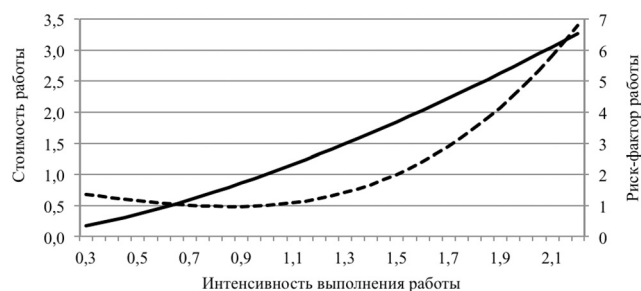


Рис. 2. Моделирование зависимости стоимости и риск-фактора работ от интенсивности выполнения

2. Минимизация риска работ критического пути:

$$R'_{\min} = \sum_{j \in J'} R_{j \text{ опт}} \rightarrow \min,$$

где

$$R_{j \text{ опт}} = R_j [1 + k_j (I_{j \text{ опт}}^\alpha - I_j^0)^\beta(j)] - R_{j \text{ прев}};$$

$R_j$  — изначальный (не оптимизированный) риск-фактор работы;  $I_j^0$  — уровень интенсивности, после преодоления которого значение риск-фактора начинает возрастать (точка перегиба на рис. 2);  $k_j$  — поправочный коэффициент формулы;  $\beta(j)$  — коэффициент экспоненциальной функции;  $R_{j \text{ прев}}$  — превышение не юстифицированного риска над минимальным.

3. Минимизация продолжительности работ критического пути:

$$T'_{\min} = \sum_{j \in J'} T_{j \text{ опт}} \rightarrow \min,$$

где  $T_{j \text{ опт}} = T_j / I_{j \text{ опт}} + T_{j \text{ прев}}$ ;  $T_{j \text{ прев}}$  — это затраты времени, связанные с юстификацией риска в случае, если последний превосходит заданный допустимый уровень.

Оптимизация плана проекта проводится при различных сценариях, которые отображаются с помощью следующих ограничений модели.

1. Ограничение на общую величину затрат по проекту (при оптимизации риска или времени):

$$\sum_{j \in J} (C_{j \text{ опт}} + C_{j \text{ прев}}) \leq C^*.$$

2. Ограничение на полную продолжительность времени выполнения проекта, т. е. всех работ критического пути (при оптимизации затрат или риска):

$$\sum_{j \in J'} T_{j \text{ опт}} \leq T^*.$$

3. Ограничение на общую величину риска (при оптимизации затрат или времени):

$$\sum_{j \in J'} R_{j \text{ опт}} \leq R^*.$$

### Апробация методики

Разрабатываемая методика проходит апробацию в ходе осуществления одного из инновационных проектов в Новосибирском технопарке. Целью проекта является создание и внедрение программно-аппаратного комплекса для оптимизации добычи нефти из действующих и новых скважин. В настоящее время проект находится в фазе планирования, что определяет и текущие рамки методики. Дальнейшая разработка затронет фазу реализации проекта: мониторинга и принятия решений в зависимости от тех результатов (по времени, стоимости, надежности), которые будут достигаться по мере выполнения запланированных работ.

С точки зрения организации и планирования важным обстоятельством является то, что проект не предусматривает создание абсолютно инновационных решений, не имеющих аналогов. Указанное

обстоятельство нельзя однозначным образом оценить как положительное или отрицательное. С одной стороны, вероятные потребители уже подготовлены к приему разрабатываемого инновационного продукта, что потенциально облегчает его продвижение на рынок. С другой стороны, наличие целого ряда аналогов<sup>1</sup> порождает конкуренцию, а следовательно усиливает рыночные риски для проекта. Благоприятным фактором можно считать прогнозируемую эффективность нового технологического продукта, измеряемую объемом дополнительной добычи нефти, которая прогнозируется на уровне 5%.

Программно-аппаратный комплекс состоит из трех основных частей:

- устьевого модуля, который устанавливается на устье каждой скважины с целью контроля параметров потока скважинного флюида и распознавания изменений технологических режимов;
- управляющего узла, который собирает данные с устьевых модулей и таким образом распознает технологические события на скважинах и ведет их диспетчеризацию, а на основании выявленных событий управляет гидравлическим переключателем автоматизированной групповой замерной установки и системой регуляции на устьевых модулях с целью поддержания пластового давления;
- программного обеспечения, анализирующего полученную от устьевых модулей информацию и выдающего рекомендации по оптимизации процесса добычи, проведению ремонтных работ и т. д.

Применение создаваемой системы на скважинном фонде нефтедобывающих предприятий позволит проводить мониторинг показателей эксплуатации, необходимых для оперативного определения изменений в режиме работы оборудования и своевременно вносить необходимые корректировки. Установка устьевых датчиков помимо этого может дополнить групповые замеры продуктивных параметров необходимой информацией для оценки дебитов по каждой отдельной скважине.

Сама же разработка является комплексной, требующей выполнения множества разнородных работ, включая не только конструирование и изготовление аппаратных узлов и элементов, создание программного обеспечения, но и осуществления функций аналитико-маркетингового характера. В соответствии с методологией построения сетевого графика, в первую очередь должна быть проведена спецификация проектных работ с предварительным установлением их возможной последовательности. Данная задача была решена путем интервьюирования участников проекта, в результате которого сформировалось следующее укрупненное представление этапов выполнения проекта: 1) разработка концепции технологического продукта; 2) практическое развитие идеи, включая разработку программного обеспечения и создание элементной базы и аппаратных частей; 3) изготовление прототипа;

<sup>1</sup> «Месторождение будущего» (Field of future) компании «Бритиш Петролеум»; «умное месторождение» (Smart field) — «Шелл»; «интеллектуальное месторождение» (i-Field) — «Коноко-Филипс» и «Шеврон»; «Система интеллектуального месторождения» — «Салым Петролеум» и др.

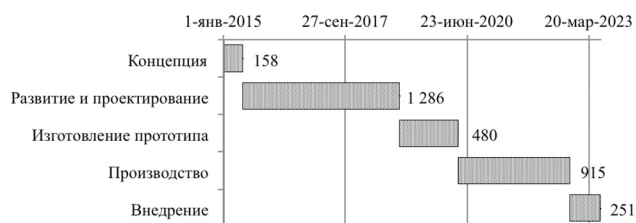


Рис. 3. Диаграмма Ганта для расписания этапов выполнения проекта

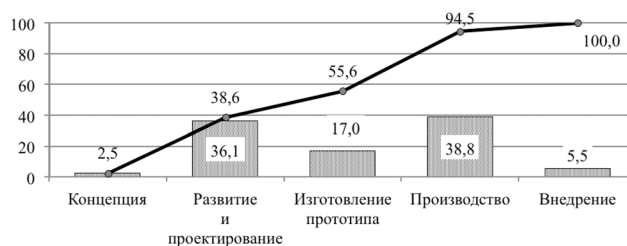


Рис. 4. Стоимость проекта с разбивкой по этапам выполнения, в % к итогу

4) производство готового продукта; 5) внедрение и продвижение продукта на рынок.

Наиболее продолжительной по времени оказалась вторая фаза проекта, на которую по первоначальному плановому распределению следовало отвести 42 мес., организация производства потребовала 30 мес., а общая длительность проекта при последовательном выполнении указанных выше этапов составила почти 8,5 лет, что иллюстрируется диаграммой Ганта (рис. 3). Вполне очевидно, что в современных рыночных условиях и при весьма интенсивной конкуренции это слишком большой срок для реализации проекта. Следовательно, при построении сетевого графика самое серьезное внимание необходимо было уделить совмещению работ, относящихся к разным этапам проекта, во времени с целью существенного сокращения плановых сроков выполнения.

Обратимся теперь к затратной составляющей проекта (рис. 4). Наиболее затратный этап — производство, — что в принципе соответствует теоретическим представлениям о проектах создания новых видов продукции. Но спецификой рассматриваемого проекта является высокая стоимость второго этапа (т. е. непосредственно разработки инновации). Данное обстоятельство отражается на рисках проекта: около 40% затрат приходится на начальные два этапа, результаты выполнения которых наименее предсказуемы, и в случае неудачи инвесторы могут понести значительные финансовые потери.

Как следствие, возрастает значение риск-менеджмента буквально с первых шагов планирования и реализации проекта. Анализ рисков проводится: с одной стороны, для определения потенциальной возможности осуществления проекта на фоне макрорисков при первоначальных допущениях; а с другой стороны, для поиска способов снижения рисков и обоснования параметров для последующей оптимизации плана выполнения проекта в форме сетевого графа. Эффективность такого риск-анализа заключается примерно в двукратном уменьшении оценочного среднего коэффициента проектных рисков (рис. 5) при умеренном увеличении стоимостных и временных параметров проекта.

Переходим к завершающей фазе моделирования проекта — построению сетевого графика. Данная операция выполнялась с использованием результатов интервьюирования участников проекта, в ходе которого основной акцент был сделан на выявлении возможностей для совмещения работ во времени. Общее количество работ, включенных в график проекта,

составило 65, а их суммарная продолжительность по времени — 103,85 мес. (рис. 6).

Отметим, что каждая работа и каждая вершина (событие) на графе характеризуются не только временными и стоимостными параметрами, но и показателями риск-фактора. Оптимизация графа традиционным методом, основанным на выявлении полных и свободных резервов времени выполнения работ, позволила найти критический путь, состоящий из 24 работ и имеющий продолжительность, равную 38,25 мес., что составляет менее 37% от суммарного времени при линейном планировании проекта. Принимая во внимание разницу между оптимистическими и пессимистическими оценками параметров выполнения работ, общая продолжительность выполнения проекта может варьироваться в пределах 1,1 мес. при изменении затрат примерно на 4,4% (580 тыс. руб.).

Были также сделаны оценки вероятности своевременного завершения проекта, основанные на продолжительности работ, которые лежат на критическом пути (во временном диапазоне от 38,25 до 52,4 мес.). Проект будет выполнен со 100-процентной вероятностью за 52,4 мес., т. е. при использовании всех временных резервов; если отведенное на реализацию проекта время окажется меньше расчетной продолжительности критического пути (38,25 мес.), то вероятность его завершения окажется менее 0,5; если же лимит времени составит 39,5 мес., то проект будет полностью осуществлен с вероятностью 0,97. Таким образом, мы приходим к выводу, что высокий уровень вероятности выполнения проекта достигается при использовании 5,15 мес. из временного резерва, а оставшаяся часть резерва почти не влияет на реализуемость проекта. Однако метод PERT, который весьма популярен и во многих источниках рекомендован для использования в управлении проектами, не позволяет понять, как работает связка «время–стоимость–риск», что обуславливает необходимость решения оптимизационной задачи в соответствии с описанной ранее постановкой.

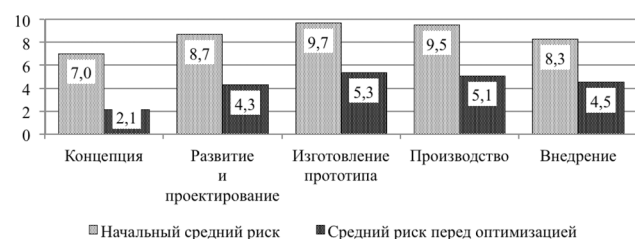


Рис. 5. Величина среднего риск-фактора по этапам проекта до и после выполнения плана по сокращению первоначально идентифицированных рисков

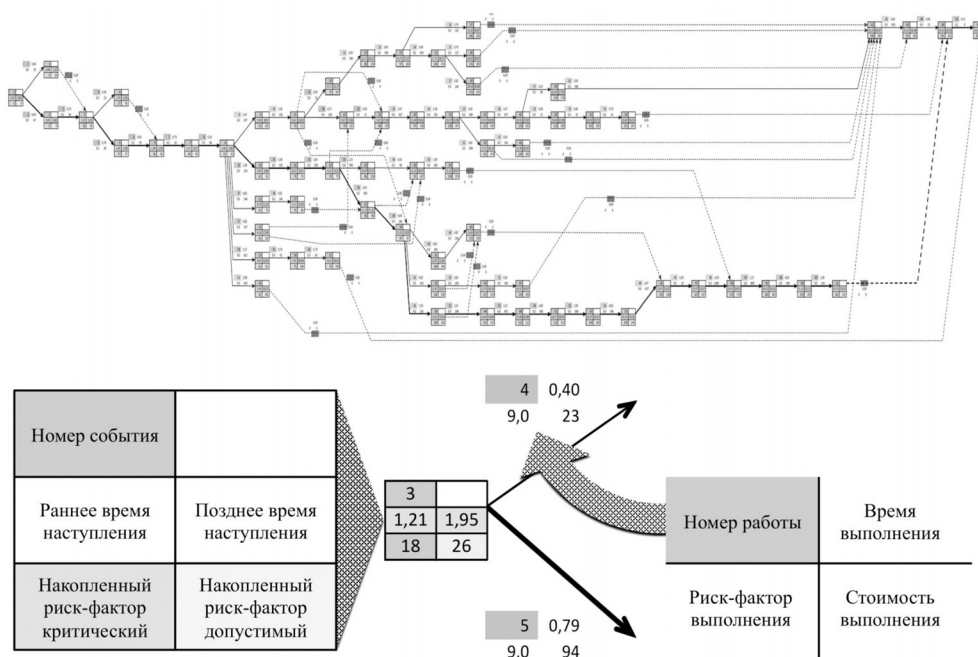


Рис. 6. Сетевой граф проекта и некоторые его характеристики

Предложенная нами оптимизационная модель проекта включает риск-факторы, показатели временных и денежных затрат. В решении могут быть получены параметры обоснования допустимого риска с учетом цены на его сокращение при достижении оптимальных значений времени выполнения и стоимости. Модель подходит также для решения обратных задач.

С учетом разных подходов к обоснованию параметров риска (при идентифицированных изначально макрорисках и с выполнением плана по предварительному уменьшению рисков) формируются три сценария оптимизации проектного графика (табл. 3), каждый из которых распадается на три варианта с поиском оптимального решения по критериям минимизации, соответственно, времени (*T*), стоимости (*C*) и риска (*R*).

При этом начальные показатели сетевого графа проекта выглядят следующим образом: суммарная продолжительность времени выполнения всех работ — 103,85 мес.; средний риск-фактор всех работ — 8,75; продолжительность критического пути (время выполнения проекта) — 38,25 мес.; средний риск-фактор работ критического пути — 9,0.

Расчеты, проведенные по оптимизационной модели, подтвердили целесообразность осуществления

комплекса мероприятий в рамках риск-менеджмента на стадии, предшествующей оптимизации проектного графика. Без этого, как видно из данных по вариантам сценария #1, при минимизации стоимости (–13%) и времени (–20%) фактор риска возрастает, соответственно, на 22 и 29% по сравнению с начальными показателями. В сценарии #2 показатели риска снижаются на 28% в решениях на минимум стоимости и времени, и на 34% — при минимизации риск-фактора критического пути. С точки зрения риск-менеджмента наибольший эффект наблюдается в решениях по сценарию #3, в котором при аналогичных условиях риск-фактор снижается, соответственно, на 56 и 64% в сравнении с начальным уровнем. Естественно, что ценой снижения риска является увеличение стоимостных и временных показателей проекта. При этом выявляется закономерность, выражающаяся в том, что расчетное время выполнения проекта резко возрастает при минимизации затрат (на 77% в сценарии #3 и на 32% в сценарии #2), тогда как прирост стоимости при минимизации времени оказывается относительно умеренным (на 20% в сценарии #3 и на 13% в сценарии #2). Вариант с наименьшим уровнем риска характеризуется приращением стоимости на 12%, а времени — на 28%

Таблица 3

Сценарии оптимизации сетевого графика

| Сценарий | Описание   | Входящие параметры   | Ожидаемый результат   |
|----------|--|--|---|
| #1       | Оптимизация графа без реализации предварительного плана по сокращению рисков | Изначальные риски проекта. Нет приращения временных и финансовых затрат с целью сокращения риска                               | Оптимизированные показатели <i>C</i> , <i>T</i> и <i>R</i> (три решенные проблемы) с текущими рисками                                     |
| #2       | Оптимизация графа с выполнением предварительного плана по сокращению рисков  | Скорректированные риски проекта. Время и затраты изменяются с учетом плана по сокращению рисков                                | Оптимизированные показатели графа без ограничений на увеличение финансовых затрат   |
| #3       | Оптимизация графа с синхронной юстификацией рисков                           | Риск-факторы после плана по минимизации рисков. Учитываются дополнительные денежные и временные затраты для юстификации рисков | Оптимизированные показатели графа со значительным сокращением рисков и несущественно возросшими затратами по сравнению с первым сценарием |



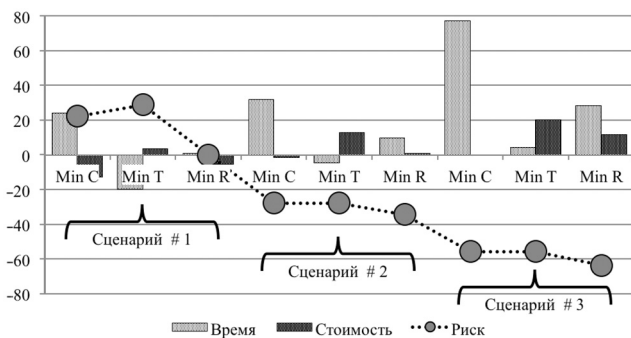


Рис. 7. Приростные показатели проекта в результате оптимизации сетевого графа, %

по сравнению с начальными значениями параметров (рис. 7).

Применение разрабатываемой нами методики интегрального анализа рисков и оптимизации графика выполнения проекта на базе сетевой модели позволило:

- 1) снизить средний риск-фактор проекта в 3 с лишним раза (с 10,5 до 3,1);
- 2) элиминировать многие из рисков благодаря упорядочиванию работ с помощью сетевого графа (в частности, после стадии разработки идеи, что можно объяснить повышением уровня детализации представлений о проекте);
- 3) снизить совокупный риск проекта за счет оптимизации графика, что создает предпосылки для успешной реализации проекта в требуемое время и в рамках бюджетных ограничений.

Следует отметить, что более конкретные и подробные оценки по снижению рисков могут быть сделаны при рассмотрении итогов практического выполнения каждого проектного этапа, т. е. в процессе применения и доработки методики во время реализации проекта.

### Заключение

Основной вывод нашей работы состоит в том, что оптимизация графика инновационного проекта по нескольким критериям позволяет получить набор разнообразных решений, различающихся по показателям времени, стоимости и надежности выполнения. Выбор наиболее предпочтительного варианта для реализации полностью зависит от степени принятия риска менеджерами проекта, который в свою очередь определяется макроситуацией в отрасли, стратегическими задачами компании и целями, поставленными на текущий момент и прогнозируемое будущее. Усиление толерантности к риску будет подталкивать к выбору варианта, лежащего ближе к оси Y на графике, подобном построенному нами для иллюстрации результатов решения по оптимизационной модели проекта (рис. 7).

Должен быть установлен некоторый заданный (предельно допустимый) уровень толерантности к риску, который будет влиять на результаты выбора из возможных вариантов плана реализации проекта.

Описанный анализ изменений затрат и времени на выполнение проекта в рамках решения оптимизационной задачи основан на рассмотрении микрорисков. Но весьма существенное значение имеет и анализ

макрорисков, как на стадии планирования, так и в процессе реализации проекта. Анализ макрорисков позволяет принимать решения относительно того, следует ли разработчикам инициировать проект и продолжать работать над ним. Таковой анализ может быть преимущественно качественным из-за недостатка информации, связанной с оценками вероятностей наступления риск-событий. Тем не менее, сочетание в рамках единой методики анализа макро- и микрорисков способствует получению более надежных результатов при оптимизации графика проекта.

В заключение хотелось бы отметить, что разрабатываемая методика, по-видимому, может иметь универсальное значение и найти применение не только при осуществлении инновационных проектов в нефтегазовом секторе, но и в других секторах экономики. То есть, во всех случаях, когда требуется комплексный анализ рисков и когда имеет смысл многовариантная оптимизация проектных показателей.

#### Список использованных источников

1. 2014 Russian Oil & Gas Outlook Survey (Russian Oil & Gas Sector Overview). Deloitte, 2014. – 30 p. <http://www2.deloitte.com/ru/en/pages/energy-and-resources/articles/russian-oil-gas-outlook-survey.html>.
2. 2015 Russian Oil & Gas Outlook Survey (Russian Oil & Gas Sector Overview). Deloitte, 2015. – 26 p. <http://www2.deloitte.com/ru/en/pages/energy-and-resources/articles/russian-oil-gas-outlook-survey.html>.
3. В. А. Крюков, А. Н. Токарев, В. В. Шмат. Как сохранить наш «нефтегазовый очаг»? // ЭКО. № 3. 2014. С. 5-29.
4. Н. П. Berg. Risk Management: Procedures, Methods and Experiences // RT&A. № 2 (17). 2010. P. 79-95. [http://gnedenko-forum.org/Journal/2010\\_2.htm](http://gnedenko-forum.org/Journal/2010_2.htm).
5. M. Epstein. Risk Management of Innovative R&D Project. Helsinki: School of Economics, 2002. – 273 p.
6. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide). Newtown Square, PA, USA: Project Management Institute, 2016. – 615 p. <http://www.pmi.org/PMBOK-Guide-and-Standards/pmbok-guide.aspx>
7. Investment Planning and Evaluation. Project Risk Management. Melbourne: Victorian Government, Department of Treasury and Finance, 2013. – 27 p. <http://www.dtf.vic.gov.au/Publications/Investment-planning-and-evaluation-publications/Lifecycle-guidance/Technical-guides>.
8. K. Lockyer, J. Gordon. Project Management and Project Network Techniques. Sixth edition. London, UK: Pearson Education, 1996. – 292 p.

#### Methodology of risk-optimizing planning development for the innovative project in the oil and gas sector

V. V. Shmat, Cand. Sci. (Econ.), Leasing Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS; Associate Professor.

D. S. Yuva, postgraduate. (Novosibirsk State University)

Methodology for innovative projects planning in the Oil and Gas sector based on implementation of complex risk analysis and network graph optimization is proposed in the article. There are several components of complex risk analysis: development of structure for potential risk events; qualitative and quantitative assessment of identified risks; development of mitigation plan. In contrast to PERT method, the network graph include not only time and cost of works accomplishment, but also risk-factor defined by building risk matrixes. The model of the network graph is non-linear optimization based on criteria of time, cost and risk minimization for project. Applying proposed methodology allows to significantly improve project parameters and increase probability of project realization, which was confirmed by algorithm approbation on the project of technological innovation development for oil and gas production.

**Keywords:** the Oil and Gas sector, an innovative project, risk management, an integral risk analysis, risk-matrix, the network model, the project network schedule, optimization.