

УДК 332.143

**З. А. Гарифуллина, А. Х. Габзалилова**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета,  
Октябрьский, Республика Башкортостан

**И. И. Хакимова**

ЗАО «Консалтинговый Центр»

**К. В. Тахаева**

ООО Научно-технический центр «Автоматизация, измерения, инжиниринг»

**Р. А. Гарифуллин**

Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Республика  
Башкортостан

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН**

**Ключевые слова:** сетевой график, нефтегазовые компании, программное обеспечение, строительство скважин.

Эффективное планирование и управление работами и ресурсами проекта (оборудование, производственные мощности, денежные средства, трудовые ресурсы) заключается в системном подходе к вопросам организации управления, согласно которому коллективы исполнителей, принимающие участие в комплексе работ и объединенные общностью поставленных перед ними задач, несмотря на разную ведомственную подчиненность, рассматриваются как звенья единой сложной организационной системы. С помощью сетевой модели руководитель работ или операции имеет возможность системно и масштабно представлять весь ход работ или оперативных мероприятий, управлять процессом их осуществления, а также маневрировать ресурсами.

Методы сетевого планирования широко применяются в строительстве для оптимизации планирования и управления сложными разветвленными комплексами работ, требующими участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов. Основная цель сетевого планирования – сокращение до минимума продолжительности проекта. Научная новизна работы заключается в предложении авторов автоматизировать построение сетевых графиков в строительстве скважин.

Анализ рынка прикладных программ построения сетевых графиков показал, что существующие программы ограничиваются 2D-моделированием, и наряду с простотой интерфейса имеют ограниченные возможности, не отвечающие решению заявленных недостатков текущей методики моделирования графиков.

В ПАО «Татнефть» сегодня успешно используется программный комплекс – Техничко-экономический тренажер «Энергоэффективная нефтедобыча». Использование данного тренажера позволяет повысить знания специалистов как в направлении основ процесса разработки, эксплуатации скважин и процесса нефтедобычи, так и в направлении стратегического управления нефтяным бизнесом. Опыт разработки данного приложения может быть взят за основу при создании программы для моделирования сетевых графиков строительства скважин.

Экономический эффект от внедрения автоматизированного программного комплекса построения сетевых графиков строительства скважин заключается, во-первых, в возможности осуществлять экономически целесообразный выбор бурового блока при планировании строительства нефтяных скважин, во-вторых, сократить время на составление сетевых графиков, в-третьих, оперативно реагировать на изменения сроков строительства текущих скважин (при отклонении от плановых сроков) и с помощью программы моделировать оптимальные варианты дальнейших действий.

Основными принципами управления, как на уровне промышленных предприятий, так и на уровне государства становятся следующие[2]:

- Получение данных в реальном времени.
- Управление экономическими процессами, основанное на автоматизированном анализе больших данных.
- Высокая скорость принятия решений, изменение правил в реальном вре-

мени – мгновенное реагирование на изменения и интерактивность среды.

- Решения в одно касание.

Многие организационные и технические мероприятия представляют собой сложную совокупность взаимосвязанных работ. Примером таких мероприятий являются проекты строительства нефтяных скважин. При реализации таких проектов возникает ряд проблем:

определение рациональных сроков начала и окончания этапов строительства, обеспечивающих выполнение всего срока строительства скважины за минимальное время; распределение ресурсов между работами, минимизирующее суммарные затраты. В частности, отдельные работы, например, плановые ремонты, могут оказаться «узким местом», сдерживать проведение остальных мероприятий. Их следует выявить и выполнять заблаговременно или выделить на них дополнительные средства [3].

Сетевой график позволяет получить наглядное представление о порядке выполнения отдельных операций, а также о взаимосвязях между ними. Он является моделью реализации мероприятия, на которой можно изучать последствия тех или иных решений с целью выбора наилучшей стратегии управления [4].

На сетевом графике каждая работа изображается стрелкой, а факт ее окончания, называемый событием, обозначается кружком.

Предположим теперь, что некоторая работа  $a_2$  может начаться только после окончания работы  $a_1$ . В таком случае говорят, что работа  $a_2$  опирается на работу  $a_1$ .

Если же одна работа опирается на несколько других, то естественно, что она может начаться не ранее, чем закончится последняя из предшествующих. Логическая же связь со всеми остальными изображается в виде фиктивных работ, не требующих затрат времени и изображаемых пунктирными стрелками, идущими к началу данной работы. На рис. 1 работа  $a_4$  опирается на  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$ , но позже всех заканчивается  $a_2$ .

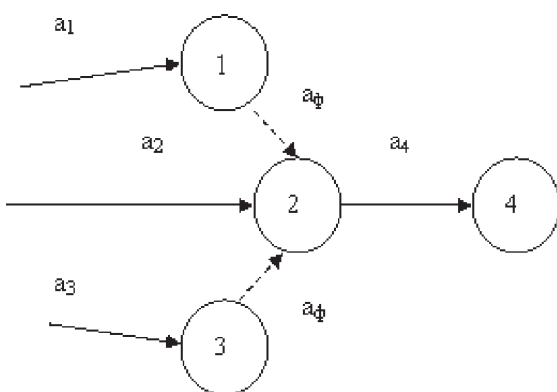


Рис. 1. Фрагмент сетевого графика с фиктивными работами

Построение сетевого графика начинается с простого перечисления всех необходимых работ (графа 2 в табл. 1).

Таблица 1

Пример организации исходных данных задачи сетевого планирования

Наименование работы	Опирается на работу	Ранг работы	Новая нумерация
$b_1$	$b_7$	2	$a_5$
$b_2$	$b_1, b_9, b_{10}$	3	$a_9$
$b_3$	–	1	$a_1$
$b_4$	$b_3$	2	$a_6$
$b_5$	–	1	$a_2$
$b_6$	$b_2, b_4, b_8$	4	$a_{11}$
$b_7$	–	1	$a_3$
$b_8$	$b_{10}$	3	$a_{10}$
$b_9$	$b_7, b_{11}$	2	$a_8$
$b_{10}$	$b_5$	2	$a_8$
$b_{11}$	–	1	$a_4$

Затем на основании простого логического анализа заполняется второй столбец таблицы и определяется ранг каждой работы. Работы первого ранга не опираются на другие. Работы второго ранга опираются только на работы первого ранга. Работы третьего ранга могут опираться на работы второго и первого рангов и т. д.

После этого производится перенумерация работ и заполняется последний столбец таблицы. При этом безразлично, в каком порядке присваивать номера работам одного и того же ранга.

После этого составляется новая таблица, в которой указывается продолжительность выполнения каждой работы (табл. 2).

Существует несколько методов решения задач сетевого планирования. По-видимому, наиболее наглядным и простым является графоаналитический метод. При этом методе сначала проводится ось времени. В начале оси располагается исходный узел 0. Величина стрелки и угол ее наклона для любой работы выбираются, чтобы ее проекция на ось времени была равна ее продолжительности. Очевидно, что в этом случае есть множество вариантов изображения каждой работы.

**Таблица 2**

Упорядоченные исходные данные

Наименование работы	Опирается на работу	Продолжительность работы
$a_1$	–	6
$a_2$	–	7
$a_3$	–	4
$a_4$	–	2
$a_5$	$a_3$	11
$a_6$	$a_1$	7
$a_7$	$a_3, a_4$	7
$a_8$	$a_2$	13
$a_9$	$a_5, a_7, a_8$	3
$a_{10}$	$a_8$	5
$a_{11}$	$a_6, a_9, a_{10}$	6

Если же одна работа опирается на несколько других, то изображающая ее стрелка должна начинаться из самого правого кружка, а логическая связь с другими работами изображается пунктирными стрелками (фиктивные работы).

Пример построения сетевого графика приведен на рис. 2.

На графике двойными стрелками выделены критические работы. Критическая дуга составляется только из сплошных стрелок. Из графика, построенного графоаналитическим методом, сразу

видна общая продолжительность производственного процесса. В данном случае  $T_{\text{общ}} = 31$  день.

Фиктивные работы характеризуют резервы времени соответствующих реальных работ. Эти резервы определяются проекцией соответствующей фиктивной работы на ось времени. В данном случае работа  $a_4$  имеет резерв времени в 2 дня,  $a_5$  – 5 дней,  $a_7$  – 9 дней,  $a_1$  и  $a_6$  – 18 дней и  $a_9$  – 2 дня. Знание этих резервов позволяет изменить сроки начала некритических работ и дать рекомендации о перераспределении имеющихся ресурсов в пользу критических работ с целью сокращения общей продолжительности выполнения всего комплекса. Например, если  $a_6$  – завоз оборудования, то его можно осуществить не сразу после завершения работы  $a_1$ , а на 12 дней позже. При этом не будет излишне загромождаться территория и само оборудование будет более сохранным. Если же, например, работы  $a_2, a_7$  и  $a_8$  выполняются за счет трудовых ресурсов, с  $a_2$  и  $a_7$  вполне можно снять половину рабочих и перевести их на выполнение критических работ  $a_2$  и  $a_8$ .

На многих предприятиях построение сетевых графиков выполняется с помощью программы Microsoft Excel, пример представлен на рис. 3.

Недостатками текущей методики построения сетевых графиков являются:

1. Отсутствие возможности отследить продолжительность строительства скважины по этапам строительства.

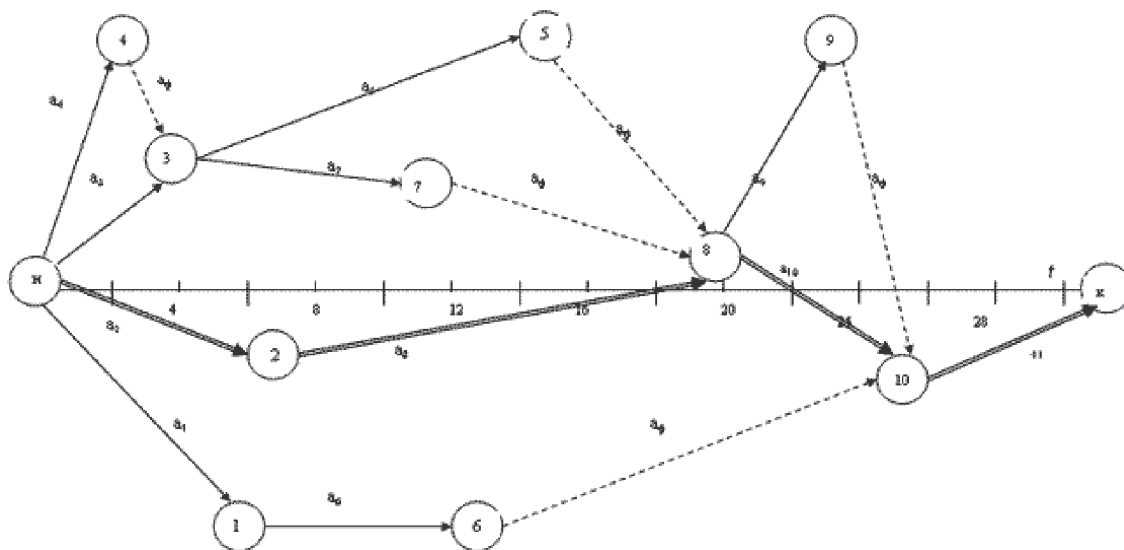


Рис. 2. Сетевой график комплекса работ, построенный графоаналитическим методом

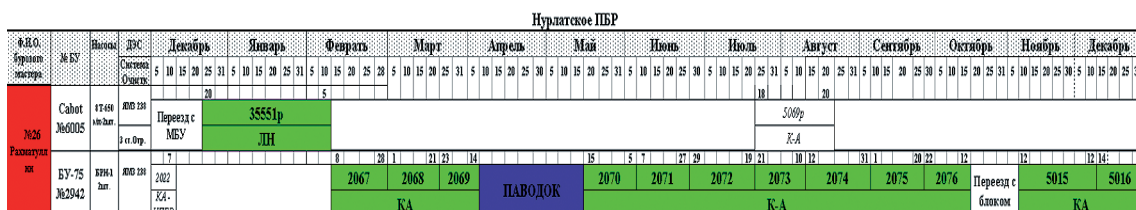


Рис. 3. Пример сетевого графика строительства скважин

2. Отсутствие информации об экономически оптимальном варианте работы буровых установок или возможных вариантах.

3. Оперативное изменение графика в таком формате является трудоемкой работой и, как правило, сконцентрировано на знаниях 1–2 специалистов.

4. Отсутствие наглядной информации о расположении на местности с реальными географическими координатами.

Анализ рынка прикладных программ построения сетевых графиков показал, что существующие программы ограничиваются 2D-моделированием, и наряду с простотой интерфейса имеют ограниченные

возможности (рис. 4), не отвечающие решению заявленных недостатков текущей методики моделирования графиков [5].

В ПАО «Татнефть» сегодня успешно используется программный комплекс – Техничко-экономический тренажер «Энергоэффективная нефтедобыча», который представляет собой обучающую систему, охватывающую технологическую цепочку процесса разработки нефтяного месторождения, построенную на основе технологий 3D-визуализации, специализированного интегрированного программного комплекса для создания

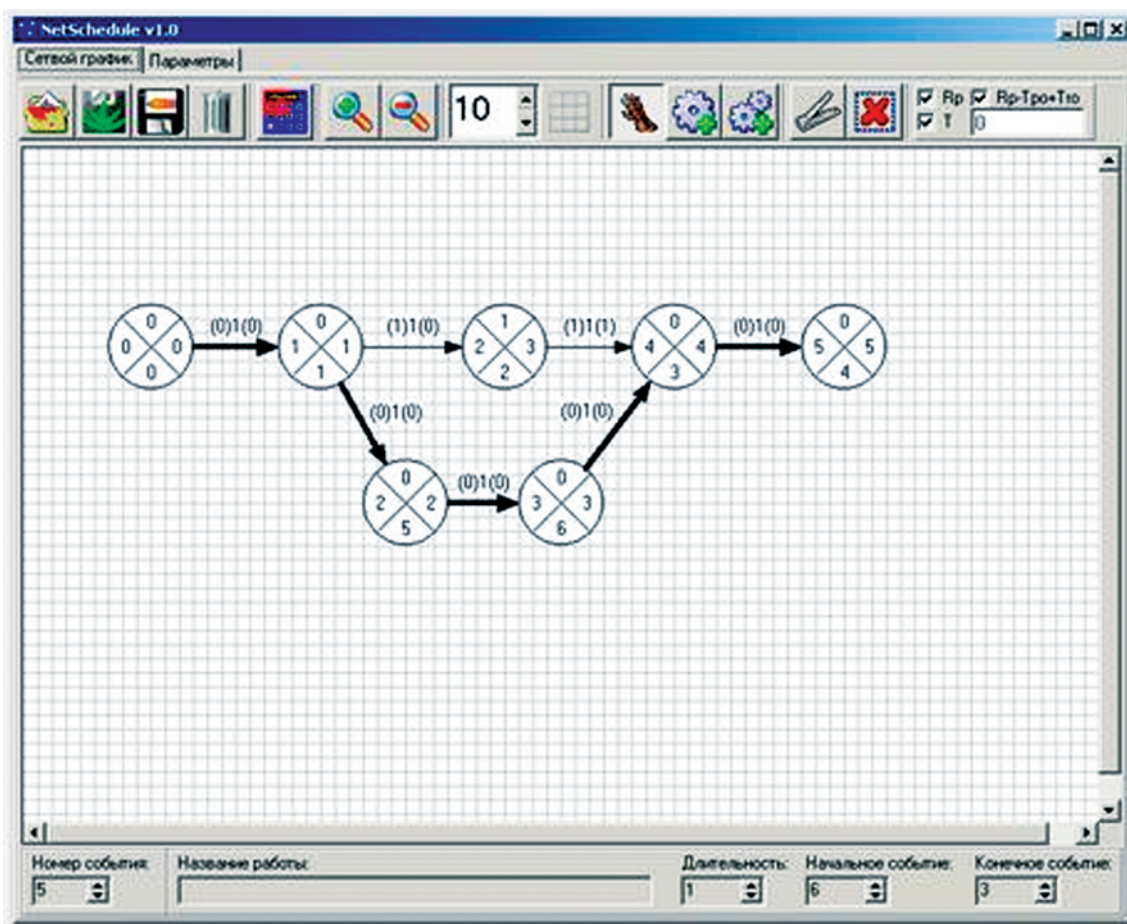


Рис. 4. Интерфейс программы NetSchedule для построения сетевых графиков



и сопровождения трехмерных постоянно действующих гидродинамических моделей месторождений [6]. Использование данного тренажера позволяет повысить знания специалистов как в направлении основ процесса разработки, эксплуатации скважин и процесса нефтедобычи, так и в направлении стратегического управления нефтяным бизнесом. Опыт разработки данного приложения может быть взят за основу при создании программы для моделирования сетевых графиков строительства скважин.

Скриншот из программы представлен на рис. 5, для наглядности предлагаемого решения на рисунке добавлены данные бурения скважин.

Программу предлагается реализовать в двух версиях: веб-приложении, доступном через веб-браузер и мобильной iPad-версии для доступа с iPad-устройств.

Таким образом, предлагаемое приложение позволит в режиме реального времени руководству отслеживать не только планируемые работы, но и текущие работы на буровых.

Основная цель разработки программного обеспечения – это автоматизация процесса формирования сетевых графиков. В систему должны

вноситься исходные параметры – географические данные забоя скважины, плановые сроки и длительность работ, данные буровых установок, сведения о плановых ремонтах, исходные расположения буровых блоков. В программу должна быть заложена логистика сетевого планирования, описанная выше. Задача программы смоделировать сетевой график или возможные варианты сетевых графиков. Должна быть предусмотрена возможность сохранения нескольких проектов сетевых графиков. В приложении должна быть возможность оперативно перестраивать графики при изменении условий строительства скважины – возникновение внепланового ремонта, увеличение срока строительства скважины, например, в связи с ремонтом или авариями, осложнениями, и предупреждать пользователей системы об отклонении от плановых сроков.

Экономический эффект от внедрения автоматизированного программного комплекса построения сетевых графиков строительства скважин заключается, во-первых, в возможности осуществлять экономически целесообразный выбор бурового блока при планировании строительства

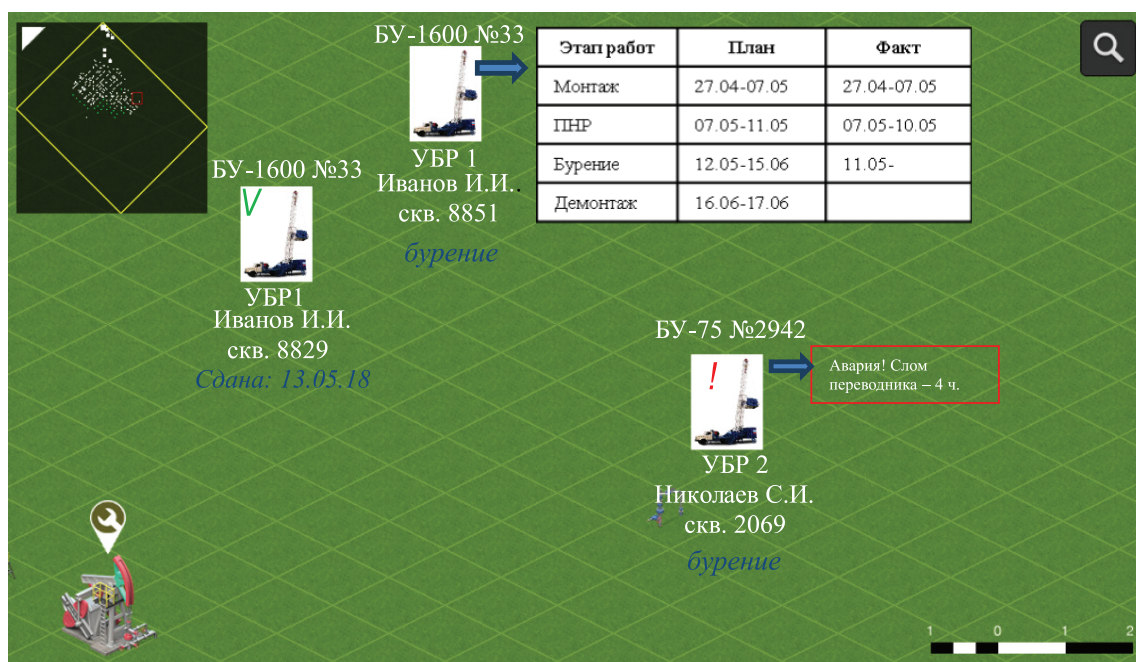


Рис. 5. Скриншот из программы «Технико-экономический тренажер «Эффективная нефтедобыча»

нефтяных скважин, находящихся на оптимальном расстоянии от будущей скважины с учетом географических условий местности [7]. При этом программа позволит увидеть альтернативные варианты действий для возможности принятия экономически правильных решений специалистами и руководством компании. Во-вторых, сократить время

на составление сетевых графиков. В-третьих, оперативно реагировать на изменения сроков строительства текущих скважин (при отклонении от плановых сроков) и с помощью программы моделировать оптимальные варианты дальнейших действий. Предлагаемое решение будет интересно также и Заказчику строительства скважин.

*Библиографический список*

1. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. [Электронный ресурс] // Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. – URL: <http://spkurdyumov.ru/uploads/2017/05/strategy.pdf> (дата обращения: 19.10.2018).
2. Цифровая экономика [Электронный ресурс] // Цифровая экономика. – URL: <http://www.proprof.ru/stati/careera/vybor-professii/o-professiyah/cifrovaya-ekonomika> (дата обращения: 19.10.2018).
3. Гарифуллина З.А. Определение критериев успеха реализации IT-проектов на предприятиях нефтяной отрасли с позиций теории функциональных систем // Нефть, газ и бизнес. – 2013. – № 6. – С. 27–34.
4. Карпов В.Г. Экономическая оценка инвестиционных проектов: учеб. пособие / В.Г. Карпов, Р.А. Нугайбеков. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. – 159 с.
5. Разработка и построение сетевого графика [Электронный ресурс] // Разработка и построение сетевого графика. – URL: [https://studbooks.net/1436743/management/razrabotka\\_postroenie\\_setevogo\\_grafika](https://studbooks.net/1436743/management/razrabotka_postroenie_setevogo_grafika) (дата обращения: 06.11.2018).
6. Иванов А.Ф. Техничко-экономический тренажер «Энергоэффективная нефтедобыча» // Информационно-коммуникационные технологии в реальном и виртуальном образовательном пространстве: материалы Международной научно-практической видеоконференции. – 2015. – С. 40–42.
7. Андреев А.Ф. Основы менеджмента (нефтяная и газовая промышленность): учебник / А.Ф. Андреев и др.; под ред. А.Ф. Андреева. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. – 264 с.