

Ермолов С.А.,

аспирант,

Институт исследования товародвижения и конъюнктуры оптового рынка

office@itkor.ru

Адамов Н.А.,

профессор, заведующий кафедрой финансового менеджмента и налогового

консалтинга,

Российский университет кооперации,

adamov-n@yandex.ru

Определение параметров анализируемых потоков и повышение эффективности логистических процессов в строительстве

Разработан новый эффективный метод оптимизации движения потоков при разработке графиков производственного цикла строительства, основанный на представлении графиков в виде векторных многоугольников.

Ключевые слова: материальные потоки; логистика строительства; материально-техническое снабжение; менеджмент строительства.

При планировании производственного цикла строительства объектов редко учитываются случайные (вероятностные) факторы. Они могут влиять на время выполнения этапов работ потоков и затрат ресурсов. Рассмотрим случайный фактор, связанный с движением строительных машин при строительстве объекта. Это движение может происходить, как на самой строительной площадке (движения кранов, экскаваторов, автосамосвалов и т. п.), так и вне ее (доставка бетона, строительных материалов и т.п.).

Транспорт на строительстве является частью непрерывного строительного конвейера, технологическим звеном, связывающим строительные объекты с заводами, складами и другими источниками материальных ресурсов. Значение транспорта в строительстве обусловлено большой материалоемкостью строительных работ и трудоемкости погрузочно–разгрузочных операций. Без специальной строительной техники практически не возможна реализация ни одного строительного потока. Эффективная и бесперебойная работа транспорта и специальной строительной техники возможно только при обеспечении их исправного состояния. Поэтому важной задачей менеджеров проектов является четкое и грамотное планирование технического обслуживания и ремонта машинного парка организации.

Управление процессами технического обслуживания и ремонта машин представляет собой сложное переплетение различных функций, реализация которых и должна обеспечивать выполнение стоящих перед системой задач управления. Реализация основных и общих функций технической службы, обеспечивающих достижение целей управления, достигается различными

способами функционирования.

Под способами функционирования понимаются правила, методы и алгоритмы, в соответствии с которыми каждый из блоков организационной структуры достигает выполнения возложенных на него задач и ответственности.

Процесс функционирования технической службы включает в себя следующие основные задачи:

- информационную и технологическую подготовку производства;
- оперативное планирование и управление производством.
- прогнозирование объемов технического обслуживания и ремонта машин, которые необходимо выполнить в течение определенного периода времени, для поддержания подвижного состава в работоспособном состоянии, а также необходимых для этих работ трудовых и материальных ресурсов;
- календарное планирование технического обслуживания и предупредительных ремонтов;

Основой успешного оперативного - производственного планирования и реализации плана служит информационное и технологическое обеспечение этих процессов. Менеджер проектов, владеющий полной информацией о состоянии техники необходимой для реализации производственного цикла строительства, может планировать ресурсные и временные затраты необходимые для технического обслуживания и ремонта машин.

Оперативно – производственное планирование процессов технического обслуживания и ремонта машин заключается в составлении графика поступления автомобиля на посты каналов обслуживания. Своевременное техническое обслуживания техники может увеличить срок службы машин до капитального ремонта, который требует значительных ресурсных затрат.

Исследования в области теории надежности и диагностики машин позволило по-новому подойти к решению задачи прогнозирования объемов технического обслуживания и ремонта машин и необходимых ресурсов для их выполнения. Выпускаемые промышленностью автомобили, технологический транспорт, специальная техника является восстанавливаемыми изделиями. Для восстановления их работоспособности при возникновении отказов промышленность выпускает большую номенклатуры запасных частей.

Несмотря на то, что кривые распределения вероятностей отказов для каждой из деталей, лимитирующих надежность машин и их агрегатов различны, они хорошо описываются определенными законами распределения (нормальным, Вейбулла, логарифмическим нормальным). Анализ показал, что во многих случаях при достижении определенного пробега вероятность возникновения отказа значительно возрастает. Естественно, что если заблаговременно, до достижения этого пробега, произвести предупредительную замену детали, то можно предотвратить отказ и стабилизировать вероятность безотказной работы на установившемся

уровне в течение пробега.

Цель календарного планирования заключается в том, чтобы составить для всего подвижного состава, задействованного в производственном цикле строительства объекта, месячный график выполнения профилактических воздействий (технического обслуживания и предупредительного ремонта) в номенклатуре по дням недели для каждой машины. Это, возможно, отразить в план – графике. Он предназначен для планирования ТО-1 и ТО-2, учета и анализа выполнения технического обслуживания, ремонта и корректировке плана технического обслуживания по всей техники.

Исходными данными для составления плана-графика являются:

- периодичность проведения технического обслуживания с учетом корректирования;
- среднесуточный пробег автомобиля (наработка моточасов для специальной техники);
- режим работы и количество смен при возведении строительного объекта;
- данные плана-графика за предыдущий месяц.

Процедуры планирования технического обслуживания и ремонта машин описанные выше дают полную информацию о состоянии техники и автомобильного транспорта, задействованных при возведении объекта. Однако очень часто предупредительные ремонты и своевременное техническое обслуживание машин не спасает от случайных отказов техники. Кроме того, необходимо учитывать организационные и технологические свойства строительного производства. В связи с этим появляется проблема расчета случайных факторов при реализации потоков. В зависимости от поставленной задачи расчета простоя могут быть просчитаны и другие системы. В результате решения таких задач можно планировать технологические и организационные простои при реализации этапов работ проекта.

Предложенная модель представления потоков в векторной форме позволяет дополнительно улучшать показатели сетевого графика проекта после его оптимизации традиционными методами. Соответственно изменятся требования к логистическим процессам для повышения эффективности проекта. Предварительно, чтобы представить задачу повышения эффективности проекта в требуемом формате задачи оптимизации, нам понадобится ввести новые переменные. Алгоритм оптимизации потребует составления системы уравнений относительно неизвестных параметров работ проекта. Каждое уравнение системы будет относиться к отдельной работе проекта (в строительной области процедуры реализации работ удобно называть потоками). Число таких уравнений будет совпадать с количеством анализируемых работ/потоков. Соответствующие уравнения будут дополнены необходимыми ограничениями, в том числе – и обуславливаемыми наличием «векторов связи» в формате оптимизационной

модели. Число таких ограничений будет совпадать с количеством «векторов связи».

Разумеется, в формате требования повышения эффективности необходимо также учесть соответствующие особенности. Рассматриваемая методика повышения эффективности параметров проекта, за счет использования априори имеющейся возможности для частичного совмещения процедур выполнения ряда работ (предшествующих и последующих по отношению друг к другу в рамках модели сетевого графика) относится, к так называемому типу «конец - начало». Следовательно, в формате такой модели априори должны быть заданы допустимые параметры «опережения» (для моментов начала определенных этапов работ относительно моментов окончания предшествующих этапов других работ/потоков). Эти параметры отразятся на перераспределении времени выполнения этапов работ (после процедур оптимизации).

Требования к изменению формата векторного представления работ проекта.

Иллюстрация соответствующих процедур повышения эффективности производственного цикла строительства представлена в формате проекта из следующих шести потоков: 1) «отрывка котлована»; 2) «устройство временных помещений для рабочих»; 3) «доработка грунта вручную»; 4) «вязка арматурных каркасов»; 5) «вывоз грунта»; 6) «заливка фундаментной плиты». Векторное представление графика процессов движения этих шести потоков, с учетом векторов связи, приведено на рис. 2.4.1 (уже с учетом требуемых процедур «синхронизации»).

Напомним, что любой поток характеризуется «своими» атрибутами. Известна длительность интервала времени T , на котором анализируется движение потока (с целью стандартизации изложения она совпадает со временем реализации всего проекта). Известны ресурсные затраты, которые необходимы для реализации этапов работ потока, которые могут измеряться, как по трудоемкости, так и по денежным расценкам. Результат «движения»

отдельного i -го потока/работы характеризуется суммой векторов $\sum_{j=1}^{m_i} L_{ij}$, где j – номера последовательных этапов работы в формате i -го потока. Используемые для представления потоков векторы L_{ij} задаются в двухмерном пространстве: $L_{ij} = (L_{ij}^x; L_{ij}^y)$. По оси абсцисс представлены временные затраты на определенный этап работы (j) в формате i -го потока, а по оси ординат – требуемые ресурсы, необходимые для выполнения этого этапа работ. Напомним также, что для векторов L_{ij} и их параметров, после соответствующих процедур оптимизации (за счет использования указанного выше скрытого резерва) будет использовано обозначение l_{ij} .

Обратим внимание на следующее. На рис. 1 изображены два вектора

связи: A_{13} и A_{36} . Вектор A_{13} соединяет момент окончания работы l_{11} с моментом начала работы l_{32} (на рис. 2.4.1 для наглядности изображения вектор l_{31} несколько смещен вверх по оси ОУ, чтобы не сливаться с частью вектора L_{31}). Вектор A_{36} соединяет момент окончания работы l_{32} с моментом начала работы l_{62} . Это подчеркивает следующую особенность, которую требуется учесть в формате рассматриваемых дополнительных процедур оптимизации на указанном сетевом графике. Процессы выполнения работ L_{32} и L_{11} (теперь в обозначениях, которые соответствуют сетевому графику до рассматриваемых процедур оптимизации) могут быть частично совмещены. Максимально допустимая длительность соответствующего промежутка совмещения таких работ к моменту окончания работы L_{11} далее обозначается через Δ_{13}^x .

Кроме того, также могут быть частично совмещены процессы выполнения работ L_{32} и L_{62} (снова в обозначениях, которые соответствуют сетевому графику до рассматриваемых процедур оптимизации). Максимально допустимая длительность промежутка совмещения этих работ к моменту окончания работы L_{32} далее обозначается через Δ_{36}^x . Учет указанных особенностей в рамках оптимизационной модели потребует формализации ограничений на допустимое время «опережения». Для соответствующей задачи линейного программирования, которая позволит реализовать процедуры интересующей нас дополнительной оптимизации сетевой модели с учетом указанных возможных опережений, это будет сделано в виде соответствующих ограничений, накладываемых на проекции A_{13}^x и A_{36}^x векторов связи A_{13} и A_{36} по оси ОХ. Атрибуты таких процедур проиллюстрируем в формате вектора A_{36} . Их графическую иллюстрацию дает рис. 2.

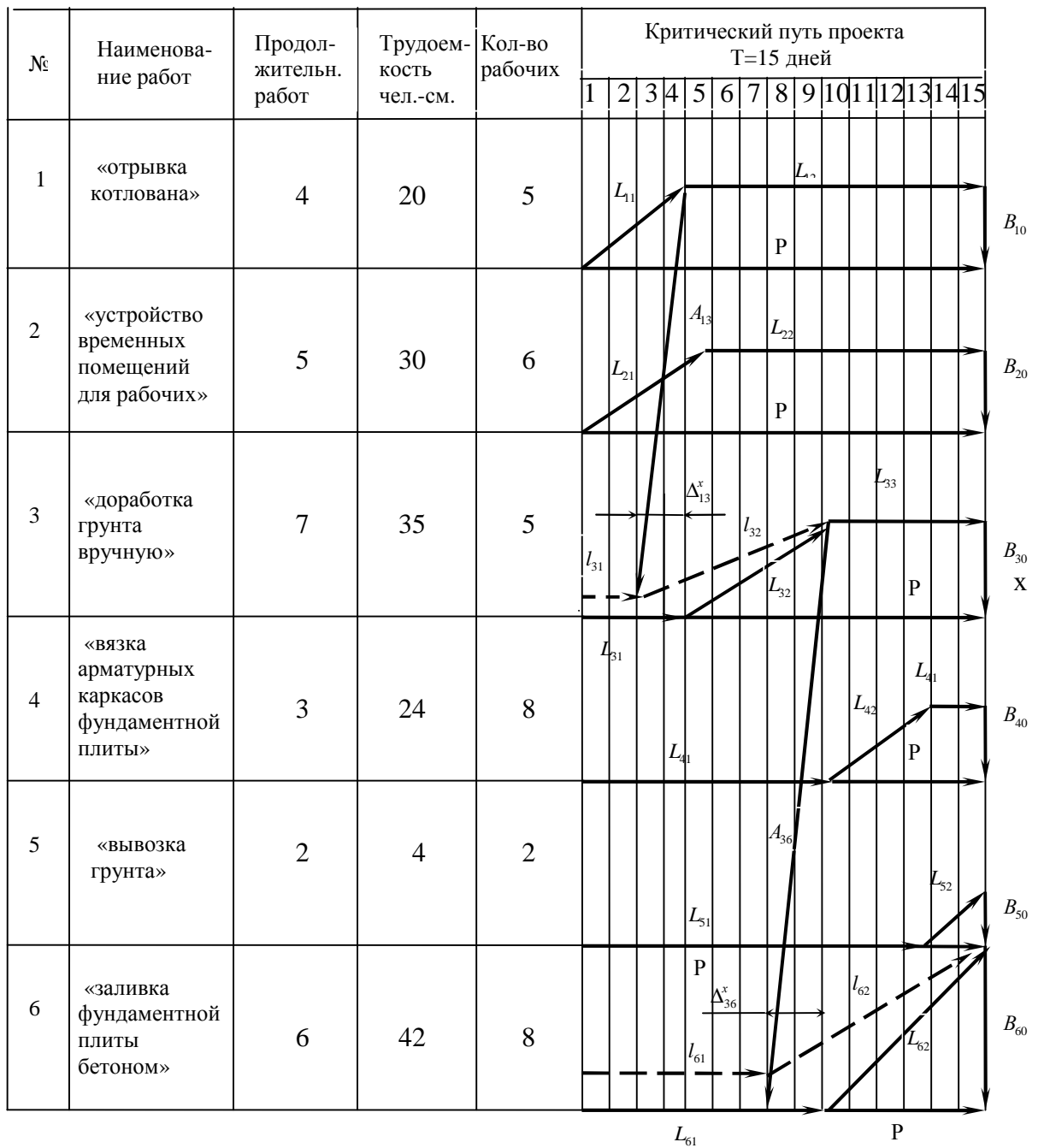


Рис. 1. Векторное представление «движения» потоков в формате рассматриваемого примера.

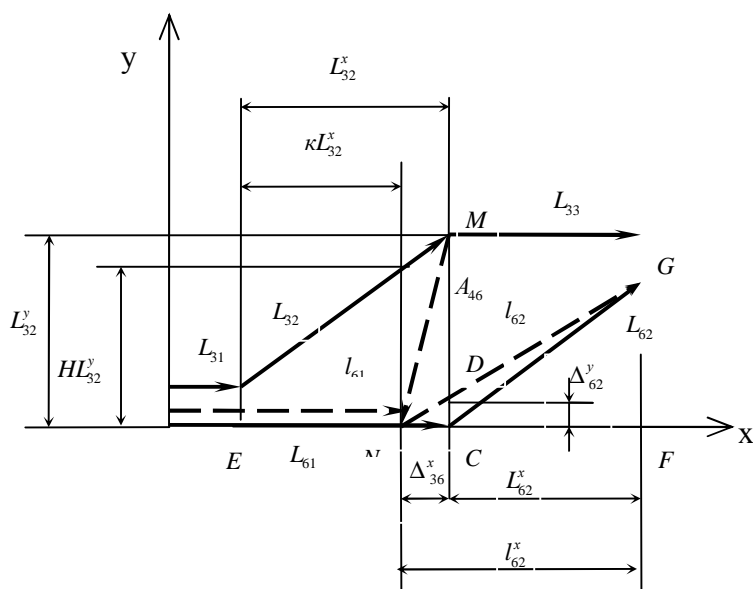


Рис. 2. График совмещения этапов работ «вязка арматурных каркасов фундаментной плиты» и «заливка фундаментной плиты»:

- Δ_{36}^x - допустимое время совмещения по началу этапа работ;
- κL_{32}^x - допустимое время совмещения по концу этапа работы;
- nL_{32}^y - величина ресурса этапа работы L_{42} , после которого начинается этап работы l_{62} ;
- Δ_{62}^y - величина ресурса этапа работы l_{62} , при котором заканчивается этап работы l_{42} .

Пусть, например, в формате процедур оптимизации, которые представлены на рис. 2, известно, что:

1) нормативная длительность (по линейному графику Ганта или соответствующему сетевому графику) выполнения j -го этапа работы i -го потока составляет L_{ij}^x (например, для оптимизационной модели, представленной на рис. 2.4.1, второй этап шестого потока/ работы «заливка фундаментной плиты бетоном» составляет $L_{62}^x = 6$ дней);

2) указанный j -й этап работы i -го потока может быть начат с опережением по отношению к моменту завершения предшествующей работы L_{km} (этапа работы L_{32} для рассматриваемой в качестве примера оптимизационной модели на рис. 1);

3) допустимое опережение Δ_{ki}^x не должно превышать априори заданную величину $\Delta_{ki}^{x\max}$ (опережение Δ_{36}^x не должно превышать значения $\Delta_{36}^{x\max} = 2$ дня).

Тогда после оптимизации нормативный показатель L_{ij}^x (показатель L_{62}^x) будет преобразован / оптимизирован. В частности, в процессе оптимизации соответствующий показатель L_{62}^x будет представлен переменной, обозначаемой как l_{62}^x , из промежутка [6;8] (в сутках). При этом если после

оптимизации получим равенство $l_{62}^x = 6$, то это будет означать, что $\Delta_{36}^x = 0$ и возможность «опережения» в данной ситуации не используется. Если же окажется, что $l_{36}^x = 8$, то это будет означать, что $\Delta_{36}^x = 2$ и возможность «опережения» используется максимальным образом. Кроме того, если, например, при оптимизации получим оптимальное значение $l_{62}^x = 7$ дней, то это будет означать, что оптимальное опережение составит 1 день.

Подчеркнем, что при этом в формате оптимизационной модели потребуются априори наложить ограничения на допустимое опережение и на длительность l_{ij}^x реализации соответствующего этапа работы L_{ij} :

$$0 \leq \Delta_{ki}^x \leq \Delta_{ki}^{x\max} \quad \text{и} \quad L_{ij}^x \leq l_{ij}^x \leq L_{ij}^{x\max},$$

где $L_{ij}^{x\max} = L_{ij}^x + \Delta_{ik}^{x\max}$.

При формализации процедур оптимизации будет определен оптимальный вариант для переменных l_{ij}^x и Δ_{ik}^x в указанном диапазоне.

В общем случае процедуры оптимизации потребуют следующего. Для каждой работы L_{ij} потребуется задать допустимый верхний предел $L_{ij}^{x\max} = L_{ij}^x + \Delta_{ik}^{x\max}$ длительности ее реализации (т.е. использования временного ресурса) с учетом указанного допустимого опережения $\Delta_{ik}^{x\max}$. В представленных ниже системах уравнений наличие такого верхнего предела $L_{ij}^{x\max}$ для переменных l_{ij}^x будет формализовано применительно к нормированному показателю $a_{ij} = L_{ij}^x / T$. А именно, соответствующие ограничения будут формализованы в виде: $a_{ij} \leq a_{ij}^{\max}$, где $a_{ij}^{\max} = L_{ij}^{x\max} / T$.

Векторное соотношение балансовых требований реализуемых строительных потоков. Для составления уравнений в формате конкретной модели далее понадобятся равенства, которые назовем «нормативными», поскольку они относятся именно к нормативным показателям. Такие равенства позволят формализовать анализируемые потоки в векторном представлении. Эти равенства затем будут использованы для составления систем уравнений в проекциях на оси ОХ и ОУ. Это позволит находить оптимальные значения переменных для анализируемой модели. Для иллюстрации рассмотрим шесть потоков, изображенных на рис. 2.

Выпишем шесть равенств, описывающих движения указанных шести потоков. Как было отмечено выше, каждый i -ый поток характеризуется или представляется суммой векторов L_{ij} (суммирование реализуется по второму индексу).

Соответствующий баланс для указанных нормативных векторов позволяет записать следующие соотношения для указанных потоков:

- для потока «отрывка котлована» $\rightarrow L_{11} + L_{12} + B_{10} = P$
- для потока «устройство временных помещений для рабочих» $\rightarrow L_{21} + L_{22} + B_{20} = P$
- для потока «доработка грунта вручную» $\rightarrow L_{31} + L_{32} + L_{33} + B_{30} = P$
- для потока «вязка арматурных каркасов» $\rightarrow L_{41} + L_{42} + L_{43} + B_{40} = P$
- для потока «вывозка грунта» $\rightarrow L_{51} + L_{52} + B_{50} = P$
- для потока «заливка фундаментной плиты бетоном» $\rightarrow L_{61} + L_{62} + B_{60} = P$

Эти соотношения далее рассматриваем, как «нормативные». На их основе формализуется соответствующая модель повышения эффективности проекта.

Учет допустимых опережений для повышения эффективности проекта. Приведенные выше «нормативные» балансовые равенства составлены без учета допустимого опережения (например, между этапами работ L_{11} и L_{32} , и этапами работ L_{42} и L_{62}). В модели повышения эффективности они должны выполняться с учетом допустимых опережений. При этом следует учитывать переход к новым обозначениям для «переменных» этапов работ (например, L_{11} заменяется переменной l_{11} в формате процедур оптимизации). С учетом допустимых опережений можно формализовать аналогичные соотношения для l_{ij} и выполнить следующие шаги.

1) **На первом шаге** алгоритма выписываем указанные выше соотношения l_{ij} и дополнительные ограничения на неизвестные l_{ij} . При этом ограничения будут заданы при помощи «векторов связи» $A_{i k}$ и характеризует величину «опережения» для моментов времени.

2) **На втором шаге** эти же уравнения будут представлены в виде соответствующих проекций на ось ОХ и ОУ (формат рассматриваемой здесь модели, напомним, не потребует учета проекций на ось ОУ). Это требуется для того, чтобы формат оптимизационной модели позволял учитывать соответствующие временные и ресурсные ограничения. Соответственно переменными, подлежащими оптимизации, становятся проекции векторов на ось ОХ. Затем и они будут представлены в специальном виде введенных ранее, априори задаваемых параметров модели a_{ij} (нормированных проекций на ось ОХ для нормативно заданных векторов L_{ij}).

3) **На третьем шаге** необходимо задать модель оптимизационной задачи, которая может быть сведена к задаче линейного программирования. Модели задач могут быть различны. В следующей главе мы рассмотрим следующие задачи повышения эффективности проекта;

- модель минимизации каких-либо сопутствующих издержек, обуславливаемых выполнением некоторого множества работ с учетом допустимых опережений в формате сетевого графика, сохраняя критическое время выполнения работ всего проекта;

- модель минимизации суммарного времени реализации проекта с учетом допустимых опережений. Если на критическом пути анализируемого сетевого графика проекта имеются последовательно выполняемые работы, для которых допустимо частичное совмещение процессов их выполнения, то в таком случае суммарное время реализации проекта можно сократить.

Литература:

1. Адамов Н.А. // Давальческие материалы в строительстве: правовое регулирование, учет, информационное обеспечение. Сибирская финансовая школа. 2011. № 3. С. 29-32.
2. Адамов Н.А., Каптерев А.И. // Логистика и лизинг: сопряженность задач и направлений развития. Сибирская финансовая школа. 2011. № 6. С. 92-94.
3. Адамов Н.А., Кеменов А.В. // Методы управления инвестиционно-строительной деятельностью, основанные на логистических подходах. Российский экономический интернет-журнал. 2012. № 3. С. 13-20.
4. Адамов Н.А., Кеменов А.В. Логистический механизм регулирования инвестиционно-строительных процессов: Монография. – М.: Издательский дом «Экономическая газета», 2012. – 232 с.
5. Ермолов С., Адамов Н. // Повышение эффективности логистических процессов в строительстве на примере модели «заказчик-генподрядчик». РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 4. С. 41-46.
6. Иконникова И., Адамов Н. // Особенности логистизации хозяйственной деятельности отечественных бизнес-структур в условиях риска. РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2011. № 4. С. 26-27.
7. Кислова Ю.Е., Адамов Н.А. // Производственно-технологические особенности строительства, влияющие на управление финансами. Бухучет в строительных организациях. 2012. № 9. С. 69-72.
8. Адамов Н.А., Кислова Ю.Е. Правовое регулирование инвестиционной деятельности // Бухучет в строительных организациях. 2012, № 10. с. 35-37.
9. Адамов Н.А., Абрамова К.В. Разработка инвестиционной политики корпорации // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 3.1. с. 105-109.
10. Адамов Н.А., Адамова Г.А. // Бюджетное планирование в организации. Аудиторские ведомости. 2008. № 2. С. 77-84.
11. Адамов Н., Кислова Ю. // Привлеченные денежные средства в строительстве: особенности и методика финансового учета. РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 3. С. 388-391.
12. Адамов Н.А., Крылова Т.Д. Вопросы методологии внутреннего контроля в условиях рыночной экономики // Аудиторские ведомости. 2012. № 5. С. 40-52.
13. Адамов Н.А., Кириллова А.А. Российский опыт применения аутсорсинга в инвестиционно-строительном комплексе // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 3. С. 244-249.
14. Адамов Н.А., Пенчукова Т.А. Особенности учета материалов в строительных организациях // Бухучет в строительных организациях. 2012. № 7. С. 3-8.
15. Логистика : Учебник / В. В. Дыбская, Е. И. Зайцев, В. И. Сергеев, А. Н. Стерлигова; под ред. В. И. Сергеева. - : Эксмо, 2009.
16. Мамед-Заде Н. А. Логистика: Учебн. Пособие. М.: Изд-во МГОУ, 1999.
17. Николаев И. Л., Захарова Е. И., Кобзева Т. А., Хлебникова М. Ю. Векторный анализ и теория поля. – Самара: Издательство СГАСА; 2001.
18. Курс высшей математики. Основы векторного анализа. Лекции и практикум: Учебное пособие/под общей редакцией И. М. Петрушко. – Спб: Издательство. Лань; 2008 – 270с.

19. Основы логистики: Учеб. пособие/Под ред. Л. Б. Миротин и В. И. Сергеева.- М.: ИНФРА – М, 2002. – 200 С. – (Серия «Высшее образование»).
20. Прокофьева Т.А., Адамов Н.А. // Геоэкономические предпосылки формирования на территории Республики Дагестан транспортно-логистического кластера «Каспийский ХАБ». РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2013. № 2. С. 49-58.
21. Уилера Л. Ф. «Джошуа Виллард Гиббс. История великого ума» (Yale univ. Press, New Haven, Conn., 1962).
22. Янговский Е. И.. Потоками энергии и эксэргии. Наука. М. 1988, 144 с.
23. Cadez I. Risikowertanalyse als Entscheidungshilfe zur Wahl des optimalen Bauvertrages. Dusseldorf: VDI-Verlag, 1998.
24. Schubert E. Erfassbarkeit des Risikos der Bauunternehmung bei Angebot und Abwicklung einer Baumassnahme. Dusseldorf: Werner – Verlag, 2001.