

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

Процедуры оптимизация критического времени производственного цикла строительства за счет допустимого совмещения этапов работ

В статье раскрыты особенности построения материальных потоков процесса строительства в современных условиях. Разработаны процедуры оптимизации критического времени производственного цикла строительства за счет допустимого совмещения этапов работ.

Ключевые слова: материальные потоки; оптимизация накладных расходов; логистика строительства; материально-техническое снабжение; производственный цикл строительства; менеджмент строительства.

Сокращение сроков строительства в современных условиях становится одной из важнейших задач при реализации строительных объектов. Особенно это влияет на компании, привлекающие подрядные организации и строительные машины. Оптимизация производственного цикла строительства возможна за счет частичного совмещения работ разных потоков и использования графо – аналитического метода в векторном представлении. Такая оптимизация может минимизировать следующие ресурсные затраты;

1. аренда временных зданий и сооружений;
2. аренда строительных машин, в частности башенных кранов;
3. инфляция на строительные материалы и работу;

Задача оптимизации критического времени производственного цикла строительства была рассмотрена на примере оптимизации графика производства работ по возведению монолитного жилого дома и графоаналитического метода представления потоков в векторной форме. Необходимо учесть, что критический путь возведения объекта составляет $T=243$ рабочих дня.

Как показало проведенное исследование, определенные этапы работ разных потоков, возможно, начать раньше относительно окончания других этапов работ, рассмотрим такие ситуации;

о очевидно, что этап работы потока «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» можно начать раньше относительно

окончания этапа работы потока «устройство монолитных стен цокольного этажа». Для этого необходимо задать максимальное опережение Δ_{12} с учетом вектора связи A_{12} см. рис. 1;



Рис. 1. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных стен цокольного этажа» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем ограничение необходимое для определения частичного допустимого опережения этапов работ разных потоков с учетом проекций на ось ОХ;

$$0 \leq \Delta_{12}^{xmax} + np_{ox} (l_{21} - l_{11}) \quad (1)$$

Технологически максимальное опережение в данном случае может составить не более 4 рабочих дней, поэтому $\Delta_{12}^{xmax} = 4$ дня. На рис. 2 изображен график с возможным максимальным опережением этапов работ. Специфика решения задачи оптимизации критического времени кардинально отличается от задачи минимизации накладных сопутствующих издержек и основная цель является реализация строительного проекта в максимально кратчайшие сроки.

Как видно из рис. 2 в потоке «устройство монолитных стен цокольного этажа» показатели интервала времени необходимые для реализации данной работы не изменилось, но сама работа закончилась раньше на 4 рабочих дня. Такие изменения приводят к сокращению времени завершения реализации проекта.



Рис. 2. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных стен цокольного этажа» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

○ этапы работы 1 этажа потока «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей» возможно, начать раньше относительно окончания этапа работы потока «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа». Зададим максимальное опережение Δ_{23}^1 с учетом вектора связи A_{23}^1 см. рис. 4 и технологии реализации потока;



Рис. 3. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем необходимое ограничение с учетом проекций на ось ОХ;

$$0 \leq \Delta_{23}^{x_{max}} + n p_{ox} (l_{31} - l_{21} - l_{22}) \quad (2)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 3 рабочих дней, поэтому $\Delta_{23}^{x_{max}} = 3$ дня. Рис. 4 иллюстрирует, что в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» показатели интервала времени реализации этапа работы 1 этажа не изменились, но работа закончилась раньше на 3 рабочих дня.



Рис. 4. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

Для максимального эффекта минимизации времени в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» необходимо изменения всех параметров этапов работ требующих затрат ресурсов во всех потоке в целом,. Ниже будут представлены такие изменения.

- этапы работы 2 этажа потока «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей» возможно, начать раньше относительно окончания этапа работы потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажа». Зададим максимальное опережение Δ_{35}^1 с учетом вектора связи A_{35}^3 см. рис. 6 и технологии реализации потока. Стоит заметить, что задаваемый вектор связи A_{35}^3 относится к типу «начало-конец».

Выпишем необходимое ограничение с учет проекций на ось ОХ;

$$0 \leq \Delta_{35}^{xmax} + np_{ox}(l_{51} + l_{52} - l_{31} - l_{32} - l_{33}) \quad (3)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 1 рабочего дня, поэтому $\Delta_{23}^{xmax} = 1$ дня. Рис. 3.3.6 иллюстрирует, что в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» показатели интервала времени реализации этапа работы 2 этажа не изменились, но работа закончилась раньше на 1 рабочий день.



Рис. 5. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия

цокольного этажа», «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» и «устройство монолитного 1-10 этажей» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.



Рис. .6. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

Аналогичную процедуру необходимо выполнить для всех этапов работ требующих затрат ресурсов потока «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей». Показатели временного интервала времени для реализации каждого этапа работы 3-10 этажей будут такие же, как и для этапа работы 2 этажа.

- этапы работы 1 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» возможно, начать раньше относительно этапа работы потока «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей». Зададим максимальное опережение Δ_{53}^0 с учетом вектора связи A_{53}^0 см. рис. 8.



Рис. 7. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем необходимое ограничение с учетом проекций на ось ОХ;

$$0 \leq \Delta_{53}^{xmax} + n p_{ox} (l_{51} - l_{31} - l_{32}) \quad (4)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 4 рабочих дней, поэтому $\Delta_{53}^{xmax} = 4$ дня.



Рис. 8. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

Рис. 3.3.8 иллюстрирует, что в потоке «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» этапа работы 1 этажа показатели интервала времени этапа работы 1 этажа не изменились, но работа закончилась раньше на 4 рабочих дня.

- этапы работы 2 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» возможно, начать раньше относительно окончания этапа работы потока «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей». Зададим максимальное опережение Δ_{53}^1 с учетом вектора связи A_{53}^1 см. рис. 10 и технологии реализации потока;

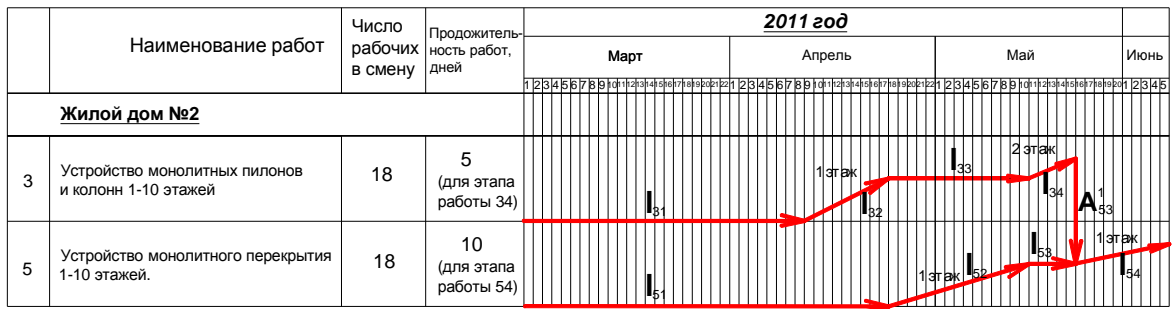


Рис. 9. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем необходимое ограничение с учетом проекций на ось ОХ;

$$0 \leq \Delta_{23}^{max} + n p_{ox} (l_{51} + l_{52} + l_{53} - l_{31} - l_{32} - l_{33} - l_{34}) \quad (5)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 2 рабочих дней, поэтому $\Delta_{53}^{max} = 2$ дня.

Рис. 10 иллюстрирует, что в потоке «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» показатели интервала времени этапа работы 2 этажа не изменились, но работа закончилась раньше на 2 рабочих дня.

Аналогичную процедуру необходимо выполнить для всех этапов работ требующих затрат ресурсов потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей». Показатели временного интервала времени для реализации каждого этапа работы 3-10 этажей будут такие же, как и для этапа работы 2 этажа.



Рис. 10. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

- этапы работы 1 этажа потока «кирпичная кладка стен» возможно, начать раньше относительно окончания этапа работы 2 этажа потока «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей». Зададим максимальное опережение Δ_{36}^1 с учетом вектора связи A_{36}^1 см. рис. 12 и технологии реализации потока;

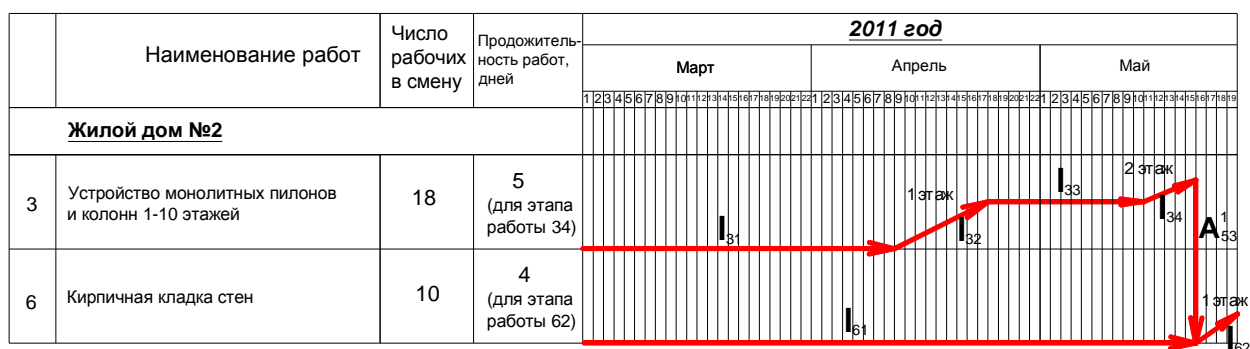


Рис. 11. Представление потоков «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» и «кирпичная кладка стен» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем необходимое ограничение с учетом проекций на ось ОХ;

$$0 \leq \Delta_{23}^{max} + n p_{ox} (l_{51} + l_{52} + l_{53} - l_{31} - l_{32} - l_{33} - l_{34}) \quad (6)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 1 рабочих дней, поэтому $\Delta_{53}^{max} = 1$ дня.

Рис. 12 иллюстрирует, что в потоке «кирпичная кладка стен» показатели интервала этапа работы 1 этажа не изменились, но работа закончилась раньше на 1 день.

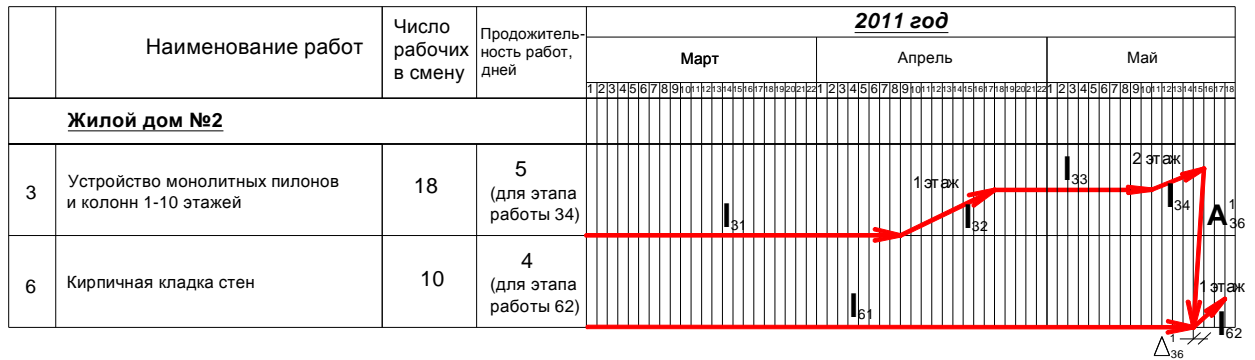


Рис. 12. Представление потоков «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» и «кирпичная кладка стен» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

• этапы работы 1 этажа потока «кирпичная кладка перегородок» возможно, начать раньше относительно окончания этапа работы 1 этажа потока «кирпичная кладка стен». Зададим максимальное опережение Δ_{67}^1 с учетом вектора связи A_{67}^1 см. рис. 12 и технологии реализации потока.

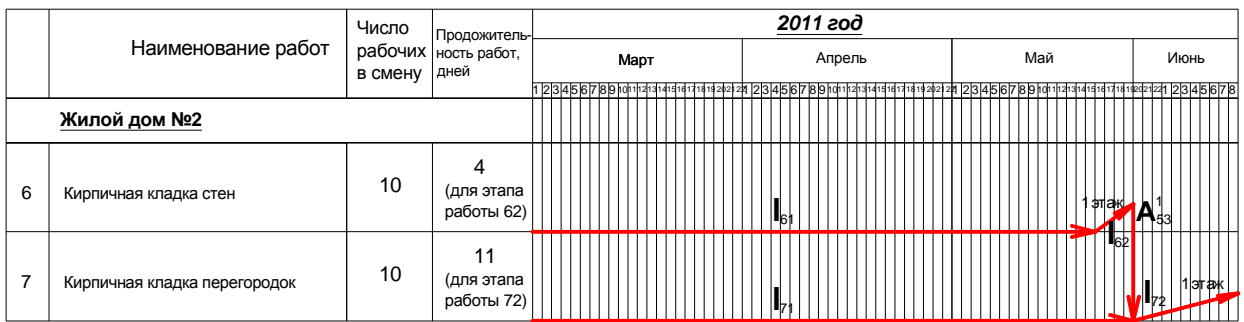


Рис. 13. Представление потоков «кирпичная кладка стен» и «кирпичная кладка перегородок» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем необходимое ограничение с учетом проекций на ось OX;

$$0 \leq \Delta_{67}^{max} + n_{p_{ox}}(l_{71} - l_{71} - l_{72}) \quad (7)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 1 рабочих дней, поэтому $\Delta_{53}^{max} = 3$ дня.

Рис. 14 иллюстрирует, что в потоке «кирпичная кладка перегородок» этапа работы 1 этажа изменились показатели интервала времени этапа работы 1 этажа не изменились, но работа закончилась раньше на 3 рабочих дня.

	Наименование работ	Число рабочих в смену	Продолжительность работ, дней	2011 год																																															
				Март												Апрель												Май												Июнь											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Жилой дом №1																																																			
6	Кирпичная кладка стен	10	4 (для этапа работы 62)																																																
7	Кирпичная кладка перегородок	10	11 (для этапа работы 72)																																																

Рис. 12. Представление потоков «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» и «кирпичная кладка стен» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

Аналогичную процедуру необходимо выполнить для всех этапов работ требующих затрат ресурсов потока «кирпичная кладка перегородок». Показатели временного интервала времени для реализации каждого этапа работы 2-10 этажей будут такие же, как и для этапа работы 1 этажа.

Из описанной выше синхронизации потоков с учетом частичного совмещения этапов работ можно сделать вывод, что основной задачей при оптимизации критического времени производственного цикла строительства является минимизация времени следующих потоков;

- 1) «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа»;
- 2) «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей»;
- 3) «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;
- 4) «кирпичная кладка стен»;
- 5) «кирпичная кладка перегородок».

Для решения выше поставленной задачи используем метод представления поток в векторной форме. Используем его для решения оптимизационной задачи возведения жилого дома №2.

Напомним, что для решения задачи необходимо выписать балансовые равенства, которые проецируем на ось ОХ.

На следующем этапе необходимо выписать все ограничения, учитывающие частичное совмещения этапов работ разных потоков с учетом заданных максимально возможного опережения описанных выше.

Кроме того необходимо учесть взаимосвязанные потоки;

- поток «утепление наружных стен» начинается после завершения этапа работы 9 этажа потока «кирпичная кладка стен»;

- 1) поток «теплоснабжение» начинается после завершения этапа работы 9 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;

- 2) поток «внутренние электрические работы» начинается после завершения этапа работы 8 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;

- 3) поток «внутренние сантехнические работы» начинается после завершения этапа работы 9 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;

- 4) поток «газоснабжение» начинается после завершения этапа работы 10 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;
- 5) поток «внутренняя штукатурка» начинается после завершения этапа работы 6 этажа потока «кирпичная кладка перегородок»;
- 6) поток «монтаж оконных проемов» начинается после завершения этапа работы 5 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;
- 7) поток «устройство дверных коробок» начинается после завершения этапа работы 10 этажа потока «кладка кирпичных перегородок»;
- 8) поток «монтаж вентиляционных труб» начинается после завершения этапа работы 6 этажа потока «кладка кирпичных перегородок»;
- 9) поток «монтаж котлов» начинается после завершения этапа работы 10 этажа потока «кладка кирпичных стен»;
- 10) поток «монтаж лифтов» начинается после завершения этапа работы 10 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;
- 11) поток «благоустройство» начинается после завершения потока «устройство дверных коробок»;
- 12) поток «устройство кровли» начинается после завершения этапа работы 9 этажа потока «кирпичная кладка стен»;

На основе полученного нами графика можно сделать следующие выводы:

- поток «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» начинается раньше относительно завершения потока «устройство монолитных стен цокольного этажа» на 4 рабочих дня;
- в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей» этап работы 1 этажа начинается раньше относительно завершения этапа работы 1 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажа» на 3 рабочих дня;
- в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей» этапы работ 2-10 этажей начинается раньше относительно завершения этапов работ 2-10 этажей потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажа» на 1 рабочий день;
- в потоке «устройство кирпичных стен» этапы работ 1-10 этажей начинается раньше относительно завершения этапов работ 1-10 этажей потока «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей» на 1 рабочий день;
- в потоке «устройство кирпичных перегородок» этапы работ 1-10 этажей начинается раньше относительно завершения этапов работ 1-10 этажей потока «устройство кирпичных стен» на 3 рабочих дня.

Полученные результаты позволяют сделать следующий вывод. В формате рассматриваемого проекта возведения жилого дома №2, на основе предложенного графо – аналитического метода представления потоков векторной форме удалось, не изменяя продолжительности этапов работ,

требующих затрат ресурсов, уменьшить длину критического пути с 243 рабочих дней на 195, что в процентном соотношении составляет 20%. Это позволило минимизировать затраты на аренду машин, на инфляции материалов, аренде временных зданий и сооружений и т. п.

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.