

**Ермолов С.А.,**  
аспирант,  
Институт исследования товародвижения и конъюнктуры оптового рынка  
[office@itkor.ru](mailto:office@itkor.ru)

**Адамов Н.А.,**  
профессор, заведующий кафедрой финансового менеджмента и налогового  
консалтинга,  
Российский университет кооперации,  
[adamov-n@yandex.ru](mailto:adamov-n@yandex.ru)

### **Процедуры оптимизации накладных издержек производственного цикла строительства за счет допустимого совмещения этапов работ**

*В статье раскрыты особенности построения материальных потоков процесса строительства в современных условиях. Разработаны процедуры оптимизации накладных издержек 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.*

Накладные сопутствующие издержки строительного предприятия, относятся к расходам, которые нельзя прямо отнести на производственные установки и технологические процессы производства продукции (работ). Расходы, затраты, сопровождающие, сопутствующие основному производству, но не связанные с ним напрямую, не входящие в стоимость труда и материалов. Это затраты на содержание и эксплуатацию основных средств, на управление, организацию, обслуживание производства, на командировки, обучение работников и так называемые непроизводительные расходы (потери от простоев, порчи материальных ценностей и др.). К таким издержкам можно отнести следующее;

- спецодежда для рабочих и инженерного состава организации;
- временные здания и сооружения для нахождения рабочих и инженерного состава;
- инструменты для рабочих и т. п.;

Накладные сопутствующие издержки включаются в себестоимость продукции, издержки ее производства и обращения. Поэтому важной задачей является минимизация сопутствующих накладных издержек производственного цикла строительства объектов.

Задача минимизация накладных сопутствующих издержек была рассмотрена на примере оптимизации графика производства работ по

возведению монолитного жилого дома №1 см. рис. 1 и графоаналитического метода представления потоков в векторной форме. Необходимо учесть, что критический путь возведения объекта составляет  $T=243$  рабочих дня.

Как видно из графика на рис. 3.1.1 определенные этапы работ разных потоков, возможно, начать раньше относительно окончания других этапов работ, рассмотрим такие ситуации;

1) очевидно, что этап работы потока «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» возможно начать раньше относительно окончания этапа работы потока «устройство монолитных стен цокольного этажа». Для этого необходимо задать максимальное опережение  $\Delta_{12}$  с учетом вектора связи  $A_{12}$  см. рис. 1;

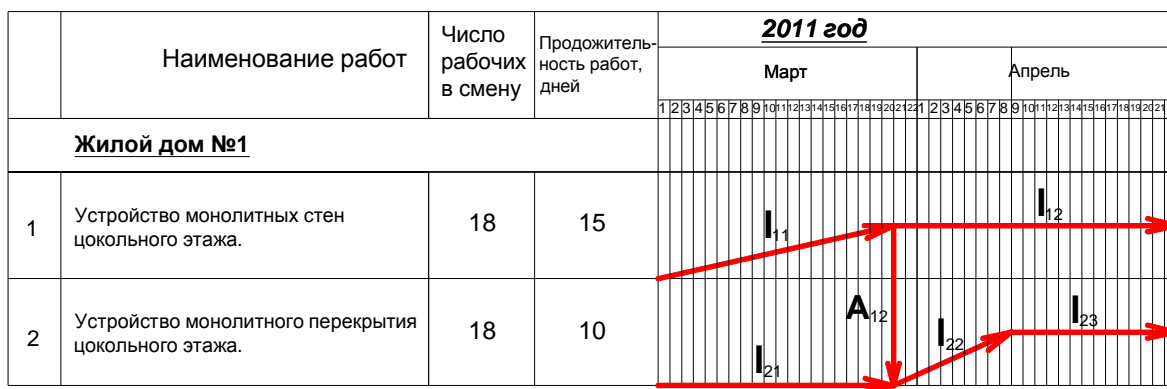


Рис. 1 Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных стен цокольного этажа» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

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

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

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. Стоит заметить, что специфика решения задачи минимизация сопутствующих накладных издержек заключается не в том, чтобы сократить время, а в том, чтобы минимизировать издержки, требующие на содержание и обеспечение необходимым инвентарем рабочих и инженерного состава.

Существует зависимость интервала времени реализации этапа работы от количества рабочих в потоке. Для этого затраты труда  $Z_{TP}$  (выражается в чел/см) необходимо разделить на количество человек  $N$  в бригаде, звене и т.п. Выпишем формулу расчета временного отрезка необходимого для реализации того или иного этапа работы.

$$t_{ij} = Z_{TP} / N, \quad (2)$$

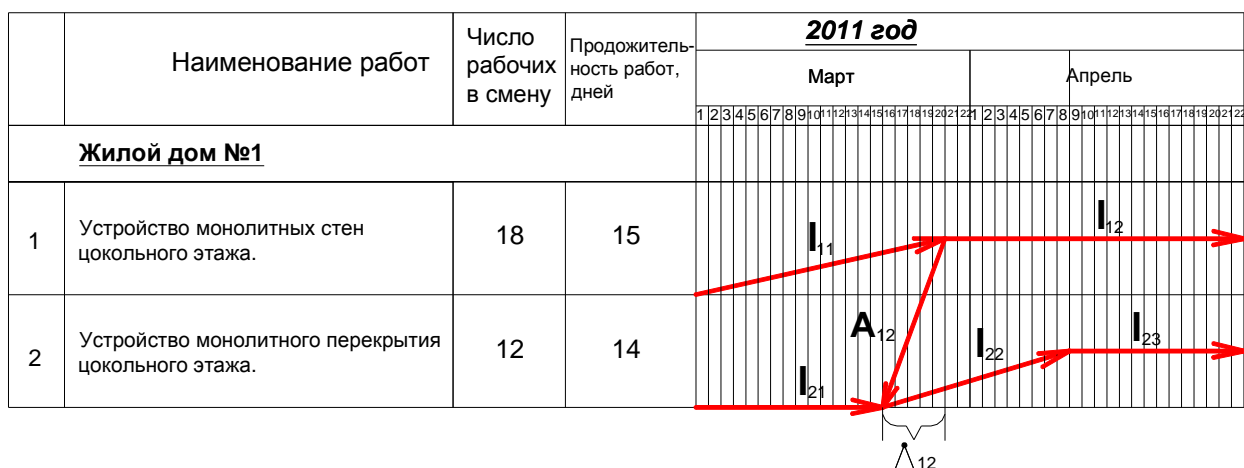


Рис. 2. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных стен цокольного этажа» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

Как видно из рис. 2 в потоке «устройство монолитных стен цокольного этажа» изменились показатели интервала времени реализации этапа работы с 10 рабочих дней на 14, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 18 на 12 человек. Такие изменения приводят к снижению сопутствующих накладных издержек на спецодежду, инвентарь и уменьшение площади временных зданий и сооружений.

2) 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  $\Delta_{23}^1$  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 OX;

$$0 \leq \Delta_{23}^{xmax} + np_{ox} (l_{31} - l_{21} - l_{22}) \quad (3)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 3

рабочих дней, поэтому  $\Delta_{23}^{xmax} = 3$  дня. Рис. 4 иллюстрирует, что в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» изменились показатели интервала времени реализации этапа работы с 9 рабочих дней на 12, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 18 на 14 человек.



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.

В свою очередь специфика движения рабочих в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» приводит к необходимости изменения параметров этапов работ требующих затрат ресурсов во всех потоке в целом, так как количество рабочих в бригаде должно быть не измена на протяжении всего производственного цикла строительства. Ниже будут представлены такие изменения.

3) 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  $\Delta_{35}^1$  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;

$$0 \leq \Delta_{35}^{xmax} + np_{ox}(l_{51} + l_{52} - l_{31} - l_{32} - l_{33}) \quad (4)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 1 рабочего дня, поэтому  $\Delta_{23}^{xmax} = 1$  дня. Рис. 6 иллюстрирует, что в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» этапа работы 2 этажа изменились показатели интервала времени с 5 рабочих дней на 6, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 18 на 14 человек.

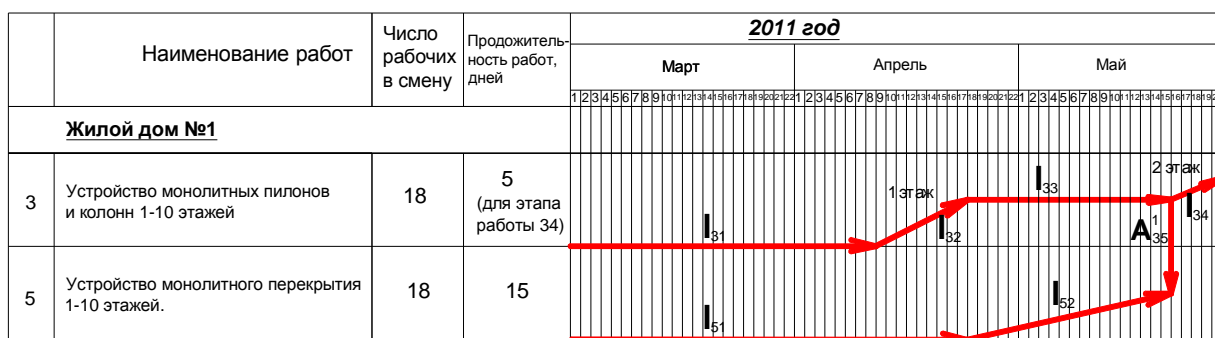


Рис. 5. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа», «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» и «устройство монолитного 1-10 этажей» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.



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.

4) 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  $\Delta_{53}^0$  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 OX;

$$0 \leq \Delta_{53}^{x_{max}} + np_{ox} (l_{51} - l_{31} - l_{32}) \quad (5)$$

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

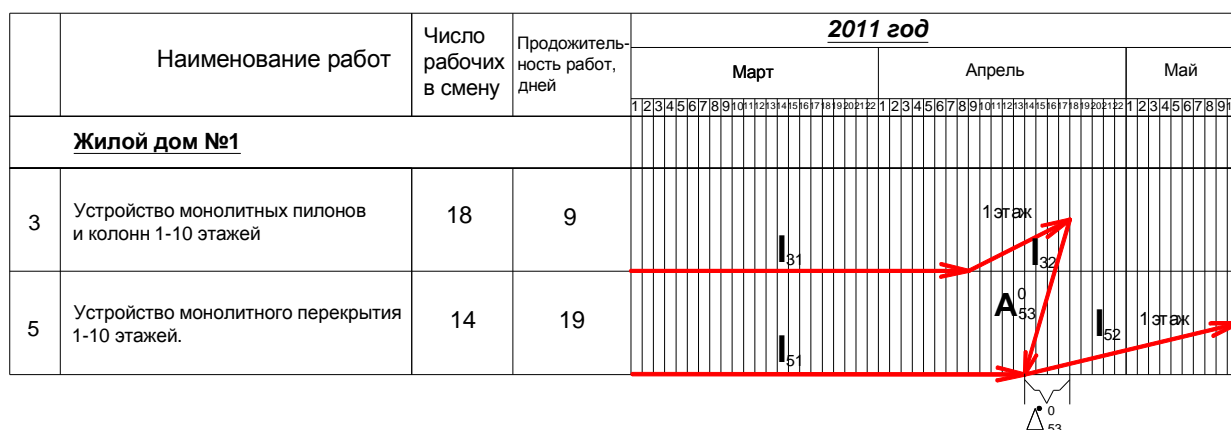


Рис. 8. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

Рис. 8 иллюстрирует, что в потоке «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» этапа работы 1 этажа изменились показатели интервала времени с 15 рабочих дней на 19, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 18 на 14 человек.

5) 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  $\Delta_{53}^1$  с учетом вектора связи  $A_{53}^1$  см. рис. 1 и технологии реализации потока;

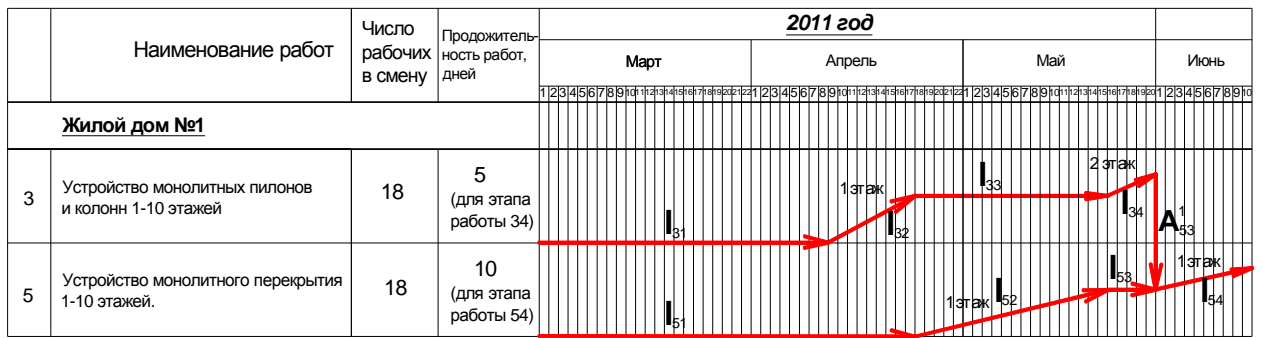


Рис. 3.2.9. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем необходимое ограничение с учетом проекций на ось ОХ;

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

(3.2.6)

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

Рис. 3.2.10 иллюстрирует, что в потоке «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» этапа работы 1 этажа изменились показатели интервала времени с 10 рабочих дней на 12, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 18 на 14 человек.

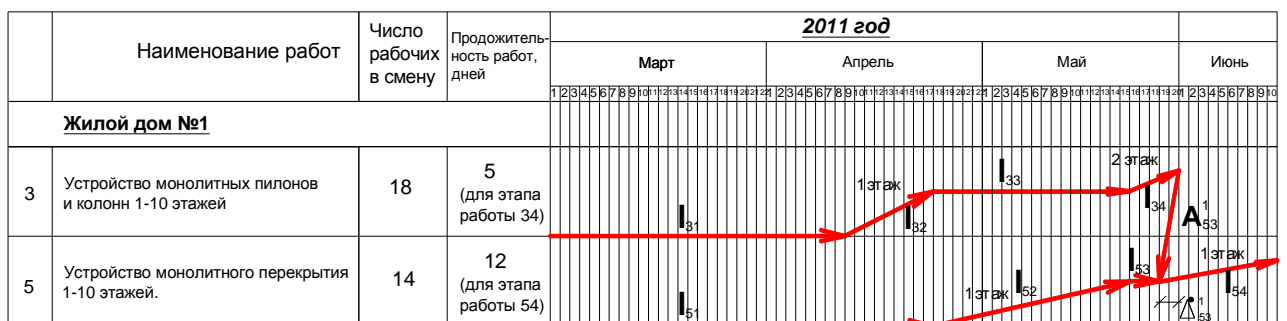


Рис. 3.2.10. Представление потоков «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» и «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

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.

б) 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  $\Delta_{36}^1$  с учетом вектора связи  $A_{36}^1$  см. рис. 3.2.12 и технологии реализации потока;

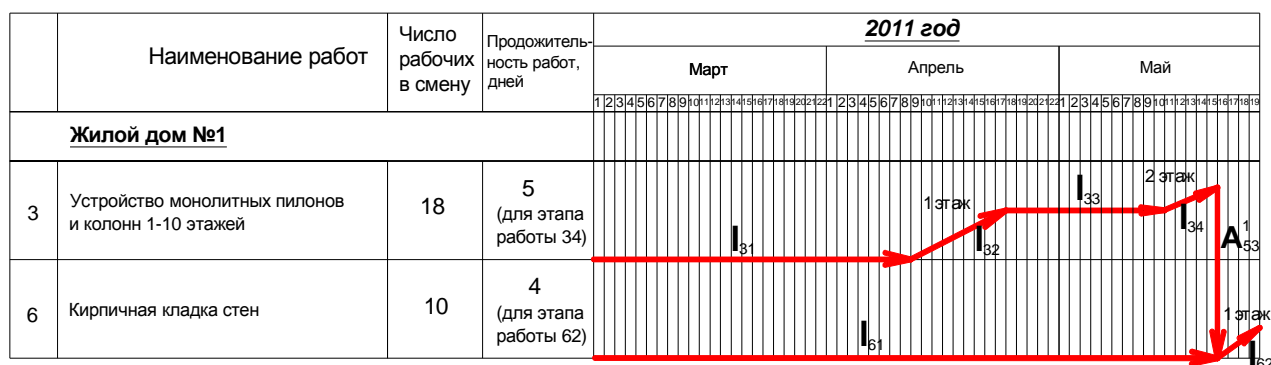


Рис. 3.2.11. Представление потоков «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» и «кирпичная кладка стен» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем необходимое ограничение с учетом проекций на ось ОХ;

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

(3.2.6)

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

Рис. 3.2.12 иллюстрирует, что в потоке «кирпичная кладка стен» этапа работы 1 этажа изменились показатели интервала времени с 4 рабочих дней на 5, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 10 на 8 человек.

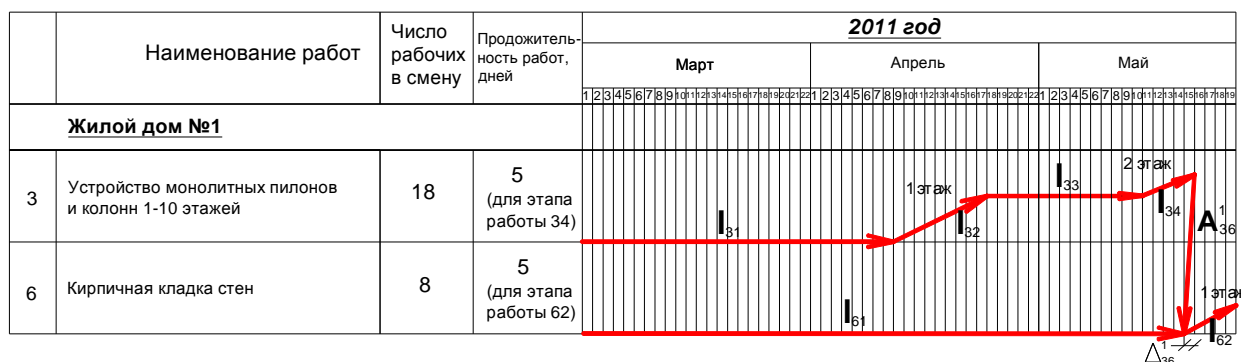


Рис. 3.2.12. Представление потоков «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» и «кирпичная кладка стен» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

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

7) этапы работы 1 этажа потока «кирпичная кладка перегородок»



возможно, начать раньше относительно окончания этапа работы 1 этажа потока «кирпичная кладка стен». Зададим максимальное опережение  $\Delta_{67}^1$  с учетом вектора связи  $A_{67}^1$  см. рис. 3.2.12 и технологии реализации потока.

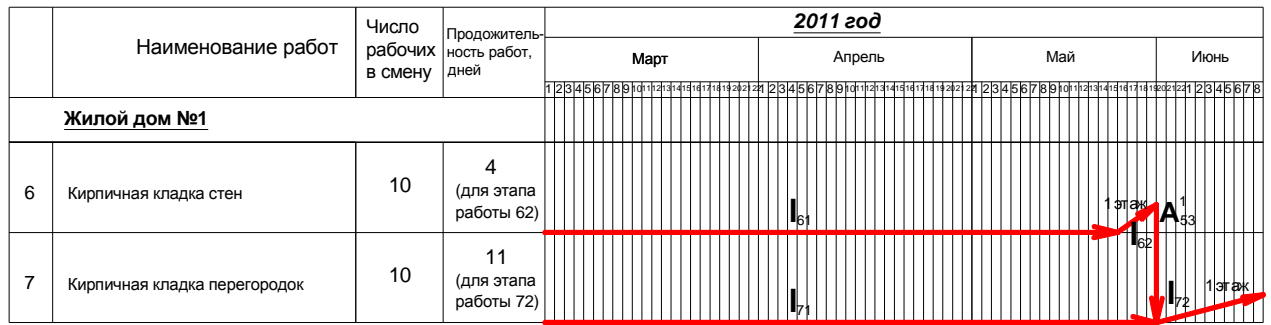


Рис. 3.2.13. Представление потоков «кирпичная кладка стен» и «кирпичная кладка перегородок» в векторной форме без частичного совмещения этапов работ.

Выпишем необходимое ограничение с учетом проекций на ось ОХ;

$$0 \leq \Delta_{67}^{x_{max}} + n p_{ox} (l_{71} - l_{71} - l_{72}) \quad (3.2.6)$$

Технологически максимальное опережение может составить не более 1 рабочих дней, поэтому  $\Delta_{53}^{x_{max}} = 2$  дня.

Рис. 3.2.14 иллюстрирует, что в потоке «кирпичная кладка перегородок» этапа работы 1 этажа изменились показатели интервала времени с 11 рабочих дней на 13, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 10 на 8 человек.

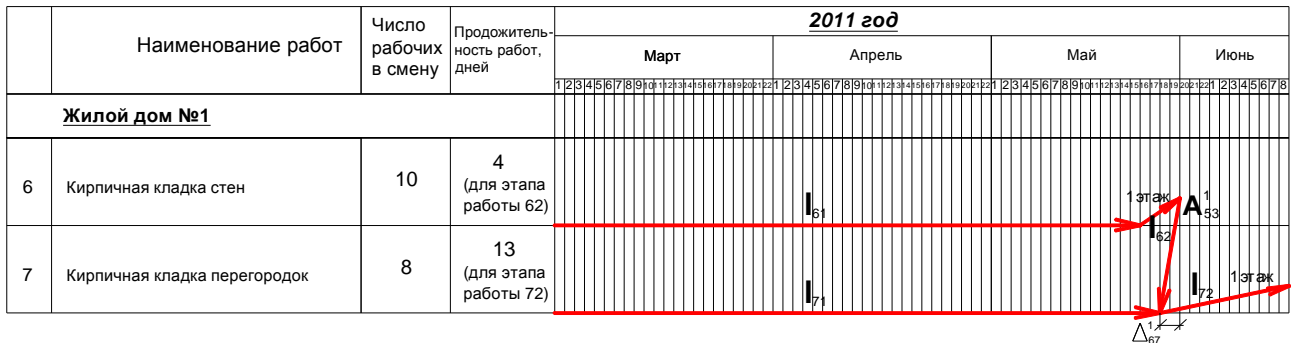


Рис. 3.2.12. Представление потоков «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажа» и «кирпичная кладка стен» в векторной форме с частичным совмещением этапов работ.

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 минимизации накладных сопутствующих издержек является оптимизация следующих поток проекта;

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

Для решения выше поставленной задачи используем метод представления поток в векторной форме. Алгоритм решения минимизации накладных сопутствующих издержек описан в главе 2.5. Используем его для решения оптимизационной задачи возведения жилого дома №1.

Напомним, что для решения задачи необходимо выписать балансовые равенства, которые проецируем на ось ОХ. В таблице 3.2.1 выписаны параметры графика производственного цикла строительства с учетом всех потоков и этапов работ требующих и не требующих затрат ресурсов.

Кроме того необходимо выписать все ограничения учитывающие частичное совмещения этапов работ разных потоков с учетом заданных максимально возможного опережения.

Также частичное совмещение можно выполнить для специализированных потоков, а именно;

- поток «теплоснабжение» можно начать раньше на 5 дней относительно окончания этапа работы 9 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;

- поток «внутренняя штукатурка» можно начать раньше на 6 дней относительно окончания этапа работы 6 этажа потока «кирпичная кладка перегородок»;

- поток «монтаж оконных проемов» можно начать раньше на 11 дней относительно окончания этапа работы 5 этажа потока «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей»;

- поток «благоустройство» можно начать раньше на 4 дней относительно окончания потока «устройство дверных коробок»;

- поток «прокладка наружных сетей водоснабжения и канализации» можно начать раньше на 7 дней относительно окончания потока «прокладка наружных сетей газоснабжения».

На основе проведенного нами исследования, можно сделать следующие выводы;

- в потоке «устройство монолитного перекрытия цокольного этажа» общая продолжительность этапа работы требующего затрат ресурсов изменилась с 10 рабочих дней на 14, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 18 на 12 человек;

- в потоке «устройство монолитных пилонов и колонн 1-10 этажей» общая продолжительность этапов работ требующих затрат ресурсов изменилась с 54 рабочих дней на 66, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 18 на 14 человек;

- в потоке «устройство монолитного перекрытия 1-10 этажей» общая продолжительность этапов работ требующих затрат ресурсов

изменилась с 105 рабочих дней на 127, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 18 на 14 человек;

- в потоке «кирпичная кладка стен» общая продолжительность этапов работ требующих затрат ресурсов изменилась с 40 рабочих дней на 50, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 10 на 8 человек;

- в потоке «кирпичная кладка перегородок» общая продолжительность этапов работ требующих затрат ресурсов изменилась с 110 рабочих дней на 130, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 10 на 8 человек;

- в потоке «теплоснабжение» общая продолжительность этапов работ требующих затрат ресурсов изменилась с 48 рабочих дней на 53, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 6 на 5 человек;

- в потоке «внутренняя штукатурка стен» общая продолжительность этапов работ требующих затрат ресурсов изменилась с 72 рабочих дней на 78, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 10 на 8 человек;

- в потоке «прокладка наружных сетей водоснабжения и канализации» общая продолжительность этапов работ требующих затрат ресурсов изменилась с 16 рабочих дней на 22, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 16 на 10 человек;

- в потоке «благоустройство» общая продолжительность этапов работ требующих затрат ресурсов изменилась с 28 рабочих дней на 23, что приводит к изменению количества рабочих в бригаде с 16 на 12 человек;

Из выше описанного следует, что общее количество персонала задействованного при производственном цикле строительства до оптимизации составляло 165 единиц, а после решения задачи сопутствующих накладных издержек составило 145 единиц. Поскольку соответствующие сопутствующие накладные издержки на каждую привлеченную единицу персонала в формате работ остаются неизменными, то для реализации потоков рассматриваемого проекта сопутствующие накладные издержки сокращаются, примерно, на 13%. Подчеркнем, что при этом, как и требовалось, критическое время выполнения работ проекта осталось таким же и составляет 243 рабочих дня. В зависимости от строительного проекта с помощью графо – аналитического метода представления потоков в векторной форме можно минимизировать сопутствующие накладные издержки от 10% до 25%. Такая минимизация приводит к снижению себестоимости реализации проектов не зависимо от сложности, объемов, технологических особенностей, конструктивных и архитектурных схем зданий и сооружений.

#### **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. Янтовский 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.