УДК 338.4

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-4-251-257

© Д. Н. Антипов, соискатель
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: drozdova@lan.spbgasu.ru

© D. N. Antipov, competitor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: drozdova@lan.spbgasu.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОТОКОВ

OPTIMIZATION OF THE IMPLEMENTATION PRIORITY OF TECHNICAL MODERNIZATION PARAMETERS OF PREFAB CONSTRUCTION ENTERPRISE PROJECTS ON THE BASIS OF THE THEORY OF FLOWS

Обоснована целесообразность технического перевооружения домостроительных комбинатов как одной из прогрессивных форм воспроизводства основных производственных фондов. На примере Тюменского домостроительного комбината рассмотрена программа технического перевооружения завода крупнопанельного домостроения, включающая четыре проекта: внедрение оборудования для изготовления свай, модернизацию формовочной линии, модернизацию армопроизводства и внедрение оборудования для многопустотных плит перекрытий. На основе теории потоков определена оптимальная очередность их реализации, позволяющая за счет совмещения однотипных работ сократить сроки реализации проектов, снизить затраты и стоимость проектов.

Ключевые слова: домостроительные комбинаты, техническое перевооружение, теория потоков, потенциальные и парадоксальные клетки, циклограмма.

The paper substantiates the expediency of modernization of house-building plants as one of progressive forms of fixed business assets' reproduction. On the example of the Tyumen house-building enterprise, the author considers the modernization program of a large-panel housing construction plant including the following four projects: introduction of pile production equipment, molding line modernization, reinforcement production modernization and introduction of the equipment for hollow core floor slab panels. On the basis of the theory of flows, there is offered a solution of the problem of determining the optimum realization sequence of these projects, which allows reducing the terms of implementation and cutting the expenses and cost of projects due to combination of the common type works.

Keywords: house building plants, modernization, theory of flows, potential and paradoxical cells, sequence diagram.

В «Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года» отмечается, что технологическими инновациями в последние годы занимались не более 15 % предприятий стройиндустрии — при том, что степень износа мощностей в отрасли достигает 53,7 %. Это повышает себестоимость выпускаемой продукции, делает ее менее конкурентоспособной. Установленное на некоторых домостроительных комбинатах (ДСК) технологическое оборудование по своим техническим характеристикам замет-

но уступает зарубежным аналогам. Сроки эксплуатации значительной его части составляют 20 лет и более, а степень физического износа — 60–70 %. В сложившихся условиях техническое перевооружение домостроительных комбинатов является одной из прогрессивных форм воспроизводства основных фондов.

Техническое перевооружение домостроительных комбинатов направлено на увеличение их производственных мощностей и выпуска конкурентоспособной продукции, а также повышение ее качества при обеспечении роста произво-

длительности труда, снижение производственных затрат и энергопотребления.

С финансовой точки зрения реализовать программу технического перевооружения по силам только крупным ДСК. Так, например, в Тюменском домостроительном комбинате (ТДСК) разработана и реализуется Программа технического перевооружения до 2020 г. Результат ее реализации — увеличение к 2020 г. ежегодного объема ввода панельного жилья со 120 до 200 тыс. м².

В рамках данной программы разработаны четыре проекта технического перевооружения завода крупнопанельного домостроения:

- 1) внедрение оборудования для изготовления свай;
- 2) модернизация формовочной линии;
- 3) модернизация армопроизводства;
- 4) внедрение оборудования для многопустотных плит перекрытий.

Используя поточный метод производства работ, можно определить оптимальную очередность реализации проектов технического перевооружения ТДСК по критерию минимальной продолжительности. В таблице приведена длительность реализации проектов (исходные данные).

Длительность реализации проектов технического перевооружения ТДСК (исходные данные)

№ п/п	Наименование этапа	Длительность, дни	Дата начала	Дата окончания
Проект № 1 «Внедрение оборудования для изготовления свай»				
1	Демонтаж старого оборудования технологической линии «Пенобетон»	73	16.05.2016	27.07.2016
2	Устройство фундаментов под оборудование	70	25.08.2016	02.11.2016
3	Работы по подготовке площадки для монтажа оборудования	22	14.03.2017	04.04.2017
4	Подготовка системы инженерных коммуникаций	30	15.04.2017	14.05.2017
5	Монтаж оборудования	94	18.07.2017	19.10.2017
6	Запуск оборудования в эксплуатацию	16	04.02.2018	19.02.2018
Проект № 2 «Модернизация формовочной линии»				
1	Демонтаж старого оборудования технологической линии «Пенобетон»	96	27.07.2016	30.10.2016
2	Устройство фундаментов под оборудование	105	02.11.2016	14.02.2017
3	Работы по подготовке площадки для монтажа оборудования	24	04.04.2017	27.04.2017
4	Подготовка системы инженерных коммуникаций	30	14.05.2017	12.06.2017
5	Монтаж оборудования	76	19.10.2017	02.01.2018
6	Запуск оборудования в эксплуатацию	12	19.02.2018	02.03.2018
Проект № 3 «Модернизация армопроизводства»				
1	Демонтаж старого оборудования технологической линии «Пенобетон»	46	01.04.2016	16.05.2016
2	Устройство фундаментов под оборудование	78	09.06.2016	25.08.2016
3	Работы по подготовке площадки для монтажа оборудования	35	08.02.2017	14.03.2017
4	Подготовка системы инженерных коммуникаций	32	15.03.2017	15.04.2017
5	Монтаж оборудования	94	16.04.2017	18.07.2017
6	Запуск оборудования в эксплуатацию	10	26.01.2018	04.02.2018
Проект № 4 «Внедрение оборудования для многопустотных плит перекрытий»				
1	Демонтаж старого оборудования технологической линии «Пенобетон»	108	30.10.2016	14.02.2017
2	Устройство фундаментов под оборудование	72	14.02.2017	26.04.2017
3	Работы по подготовке площадки для монтажа оборудования	40	27.04.2017	05.06.2017
4	Подготовка системы инженерных коммуникаций	45	12.06.2017	26.07.2017
5	Монтаж оборудования	59	02.01.2018	01.03.2018
6	Запуск оборудования в эксплуатацию	7	02.03.2018	08.03.2018
ИТОГО:		736		

Построим матрицу неритмичного строительного потока с неоднородным изменением ритма без совмещения работ по следующим исходным данным:

$$\begin{aligned} n &= 4; m = 6; a_{i1} = 73, 108, 46, 96 \\ (a_{11} &= 73, a_{21} = 108, a_{31} = 46, a_{41} = 96); \\ a_{i2} &= 70, 72, 78, 105 \\ (a_{12} &= 70, a_{22} = 72, a_{32} = 78, a_{42} = 105); \\ a_{i3} &= 22, 40, 35, 24 \\ (a_{13} &= 22, a_{23} = 40, a_{33} = 35, a_{43} = 24); \\ a_{i4} &= 30, 45, 32, 30 \\ (a_{14} &= 30, a_{24} = 45, a_{34} = 32, a_{44} = 30); \\ a_{i5} &= 94, 59, 94, 76 \\ (a_{15} &= 94, a_{25} = 59, a_{35} = 94, a_{45} = 76); \\ a_{i6} &= 16, 7, 10, 12 (a_{16} = 16, a_{26} = 7, a_{36} = 10, a_{46} = 12). \end{aligned}$$

Расчет выполняется в матричной форме на основе таблицы. В центре каждой клетки матрицы (рис. 1) записывается продолжительность выполнения работы a_{ij} .

Начало первой работы по первому проекту принимается равным нулю и записывается в левом верхнем углу первой клетки первого столбца. Окончание первой работы по первому проекту определяется так: $t_{11}^0 = t_{11}^H + a_{11} = 0 + 73 = 73$.

Величину 73 записываем в правом нижнем углу первой клетки матрицы. Окончание первой работы по первому проекту считаем началом первой работы по второму проекту и цифру 73 из нижнего правого угла верхней клетки переносим без изменения в верхний левый угол ниже лежащей клетки. Суммируя время начала работы с ее продолжительностью, определяем окончание первой работы по второму проекту: $t_{21}^0 = t_{21}^H + a_{21} = 73 + 108 = 181$.

Расчет производится по столбцам сверху вниз (рис. 2).

Записываем «181» в правом нижнем углу второй клетки первого столбца. Для первой работы по третьему проекту получим $t_{31}^H = 181$, $t_{31}^0 = 181 + 46 = 227$, по четвертому — $t_{41}^H = 227$, $t_{41}^0 = 227 + 96 = 323$.

Начало и окончание второй работы по первому проекту определяются следующим образом: $t_{12}^H = t_{11}^0 = 73$, $t_{12}^0 = t_{12}^H + a_{12} = 73 + 70 = 143$.

Полученные величины 73 и 143 записываются соответственно в левый верхний и правый нижний углы первой клетки второго столбца матрицы. Начало и окончание второй работы по второму и последующих проектах определяются следующим образом:

$$t_{22}^H = t_{12}^0 = 143, t_{22}^0 = t_{22}^H + a_{22} = 143 + 72 = 215;$$

$$t_{32}^H = t_{22}^0 = 215, t_{32}^0 = t_{32}^H + a_{32} = 215 + 78 = 293;$$

$$t_{42}^H = t_{32}^0 = 293, t_{42}^0 = t_{42}^H + a_{42} = 293 + 105 = 398.$$

Результаты расчета заносятся в соответствующие углы клеток второго столбца матрицы. Определяются значения перерывов $C_{i-1,j}^i$ между началом рассматриваемых работ и окончаниями предшествующих им работ по проектам:

$$C_{12}^1 = t_{12}^H - t_{11}^0 = 73 - 73 = 0;$$

$$C_{12}^2 = t_{22}^H - t_{21}^0 = 143 - 181 = -38;$$

$$C_{12}^3 = t_{32}^H - t_{31}^0 = 215 - 227 = -12;$$

$$C_{12}^4 = t_{42}^H - t_{41}^0 = 293 - 323 = -30.$$

Начала и окончания выполнения второй работы по всем проектам увеличиваем на величину $\Delta C_{12} = 38$ и определяем новые значения начал и окончаний работ. Значения перерывов по про-

Виды работ	1	2	3	4	5	6
Проекты						
1	73	70	22	30	94	16
2	108	72	40	45	59	7
3	46	78	35	32	94	10
4	96	105	24	30	76	12

Рис. 1. Матрица расчета продолжительности выполнения работ по проектам технического перевооружения ТДСК

Виды работ	1	2	3	4	5	6	$\Sigma t_{пред}/\Sigma t_{послед}$	$t_{послед} - t_{первого}$
Проекты								
1	0 73 73	111 70 181	339 22 361	371 30 401	401 94 495	691 16 707	73/162	-57
2	73 108 181	181 72 253	361 40 401	401 45 446	495 59 554	707 7 714	108/151	-101
3	181 46 227	253 78 331	401 35 436	446 32 478	554 94 648	714 10 724	46/171	-36
4	227 96 323	331 105 436	436 24 460	478 30 508	648 76 724	724 12 736	96/142	-84
Σt	323	325	121	137	323	45		

Рис. 2. Матрица рациональной очередности выполнения работ по проектам технического перевооружения ТДСК

ектам между первой и второй работами определяются следующим образом:

$$\bar{C}_{12}^1 = t_{12}^{H,H} - t_{11}^O = 111 - 73 = 38;$$

$$\bar{C}_{12}^2 = t_{22}^{H,H} - t_{21}^O = 181 - 181 = 0;$$

$$\bar{C}_{12}^3 = t_{32}^{H,H} - t_{31}^O = 253 - 227 = 26;$$

$$\bar{C}_{12}^4 = t_{42}^{H,H} - t_{41}^O = 331 - 323 = 8.$$

Отсутствие перерыва между началом второй работы и окончанием первой работы по второму проекту обозначается на линии, отделяющей первый и второй столбцы символом «-» (место критического сближения процессов). Наличие перерывов между началами выполнения второй работы и ее окончанием по первому, второму, третьему и четвертому проектам обозначается на матрице символом «x» с указанием величины перерыва.

Переходим к расчету параметров третьего столбца матрицы (третий процесс). Начало третьей работы по первому проекту равно 181 ($t_{13}^H = t_{12}^O = 181$), окончание третьей работы по первому проекту — $t_{13}^O = t_{13}^H + a_{13} = 181 + 22 = 203$. Значения рассчитанных параметров заносятся в клетки матрицы так же, как и при расчете параметров второй работы. Начало выполнения третьей работы по второму проекту равно окончанию данной работы по первому проекту ($t_{23}^H = t_{13}^O = 203$). Окончание третьей работы по второму проекту составит $t_{23}^O = t_{23}^H + a_{23} = 203 + 40 = 243$. В результате аналогичного расчета получаем

$$t_{33}^H = t_{23}^O = 243, \quad t_{33}^O = t_{33}^H + a_{33} = 243 + 35 = 278;$$

$$t_{43}^H = t_{33}^O = 278, \quad t_{43}^O = t_{43}^H + a_{43} = 278 + 24 = 302.$$

Вычислим перерывы $C_{i-1,j}^i$ между началами третьей работы по всем проектам и окончания-

ми второй (предшествующей) работы по остальным проектам:

$$C_{23}^1 = t_{13}^H - t_{12}^O = 181 - 181 = 0;$$

$$C_{23}^2 = t_{23}^H - t_{22}^O = 203 - 253 = -50;$$

$$C_{23}^3 = t_{33}^H - t_{32}^O = 243 - 331 = -88;$$

$$C_{23}^4 = t_{43}^H - t_{42}^O = 278 - 436 = -158.$$

Начала и окончания выполнения третьей работы по всем проектам увеличиваем на величину $\Delta C_{23} = 158$ и определяем новые значения начал и окончаний работ. Значения перерывов на захватах между второй и третьей работами определяются следующим образом:

$$\bar{C}_{23}^1 = t_{13}^{H,H} - t_{12}^O = 339 - 181 = 158;$$

$$\bar{C}_{23}^2 = t_{23}^{H,H} - t_{22}^O = 361 - 253 = 108;$$

$$\bar{C}_{23}^3 = t_{33}^{H,H} - t_{32}^O = 401 - 331 = 70;$$

$$\bar{C}_{23}^4 = t_{43}^{H,H} - t_{42}^O = 436 - 436 = 0.$$

Переходим к расчету параметров четвертого столбца матрицы (четвертый процесс). Начало четвертой работы по первому проекту равно 361 ($t_{14}^H = t_{13}^O = 361$). Окончание четвертой работы по первому проекту определено как $t_{14}^O = t_{14}^H + a_{14} = 361 + 30 = 391$. Начало выполнения четвертой работы по второму проекту равно окончанию данной работы по первому проекту ($t_{24}^H = t_{14}^O = 391$). Окончание третьей работы по второму проекту определяется как $t_{24}^O = t_{24}^H + a_{24} = 391 + 45 = 436$. В результате аналогичного расчета получаем

$$t_{34}^H = t_{24}^O = 436, \quad t_{34}^O = t_{34}^H + a_{34} = 436 + 32 = 468;$$

$$t_{44}^H = t_{34}^O = 468, \quad t_{44}^O = t_{44}^H + a_{44} = 468 + 30 = 498.$$

Вычислим перерывы $C_{i-1,j}^i$ между началами четвертой работы по всем проектам и оконча-

ниями третьей (предшествующей) работы по остальным проектам:

$$C_{34}^1 = t_{14}^H - t_{13}^O = 361 - 361 = 0;$$

$$C_{34}^2 = t_{24}^H - t_{23}^O = 391 - 401 = -10;$$

$$C_{34}^3 = t_{34}^H - t_{33}^O = 436 - 436 = 0;$$

$$C_{34}^4 = t_{44}^H - t_{43}^O = 468 - 469 = 8.$$

Начала и окончания выполнения четвертой работы по всем проектам увеличиваем на величину $\Delta C_{34} = 10$ и определяем новые значения начал и окончаний работ. Значения перерывов по проектам между третьей и четвертой работами определяются следующим образом:

$$\bar{C}_{34}^1 = t_{14}^{H,H} - t_{13}^O = 371 - 361 = 10;$$

$$\bar{C}_{34}^2 = t_{24}^{H,H} - t_{23}^O = 401 - 401 = 0;$$

$$\bar{C}_{34}^3 = t_{34}^{H,H} - t_{33}^O = 446 - 436 = 10;$$

$$\bar{C}_{34}^4 = t_{44}^{H,H} - t_{43}^O = 478 - 469 = 9.$$

Переходим к расчету параметров пятого столбца матрицы (пятый процесс). Начало пятой работы по первому проекту равно 401 ($t_{15}^H = t_{14}^O = 401$). Окончание пятой работы по первому проекту определено как $t_{15}^O = t_{14}^H + a_{15} = 401 + 94 = 495$. Начало выполнения пятой работы по второму проекту равно окончанию данной работы по первому проекту ($t_{25}^H = t_{15}^O = 495$). Окончание пятой работы по второму проекту определяется как $t_{25}^O = t_{25}^H + a_{25} = 495 + 59 = 554$. В результате аналогичного расчета получаем

$$t_{35}^H = t_{25}^O = 554, t_{35}^O = t_{35}^H + a_{35} = 554 + 94 = 648;$$

$$t_{45}^H = t_{35}^O = 648, t_{45}^O = t_{45}^H + a_{45} = 648 + 76 = 724.$$

Вычислим перерывы $C_{i-1,j}^i$ между началами пятой работы по всем проектам и окончаниями четвертой (предшествующей) работы по соответствующим проектам:

$$C_{45}^1 = t_{15}^H - t_{14}^O = 401 - 401 = 0;$$

$$C_{45}^2 = t_{25}^H - t_{24}^O = 495 - 446 = 49;$$

$$C_{45}^3 = t_{35}^H - t_{34}^O = 554 - 478 = 76;$$

$$C_{45}^4 = t_{45}^H - t_{44}^O = 648 - 508 = 140.$$

Значение величины $\Delta C_{45} = 0$, так как все значения перерывов положительны. Следовательно, корректировка параметров пятого процесса по проектам не нужна.

Переходим к расчету параметров шестого столбца матрицы (шестой процесс). Начало шестой работы по первому проекту равно

495 ($t_{16}^H = t_{16}^O = 495$). Окончание шестой работы по первому проекту определяется как $t_{16}^O = t_{16}^H + a_{16} = 495 + 16 = 511$. Значения рассчитанных параметров заносятся в клетки матрицы так же, как и при расчете параметров второй работы. Начало выполнения шестой работы по второму проекту равно окончанию данной работы по первому проекту ($t_{26}^H = t_{16}^O = 511$). Окончание шестой работы по второму проекту определяется как $t_{26}^O = t_{26}^H + a_{26} = 511 + 7 = 518$. В результате аналогичного расчета получаем

$$t_{36}^H = t_{26}^O = 518, t_{36}^O = t_{36}^H + a_{36} = 518 + 10 = 528;$$

$$t_{46}^H = t_{36}^O = 528, t_{46}^O = t_{46}^H + a_{46} = 528 + 12 = 540.$$

Вычислим перерывы $C_{i-1,j}^i$ между началами шестой работы по всем проектам и окончаниями пятой (предшествующей) работы по всем проектам:

$$C_{56}^1 = t_{16}^H - t_{15}^O = 495 - 495 = 0;$$

$$C_{56}^2 = t_{26}^H - t_{25}^O = 511 - 554 = -43;$$

$$C_{56}^3 = t_{36}^H - t_{35}^O = 518 - 648 = -130;$$

$$C_{56}^4 = t_{46}^H - t_{45}^O = 528 - 724 = -196.$$

Начала и окончания выполнения шестой работы по всем проектам увеличиваем на величину $\Delta C_{56} = 196$ и определяем новые значения начал и окончаний работ. Значения перерывов по проектам между пятой и шестой работами определяются следующим образом:

$$\bar{C}_{56}^1 = t_{16}^{H,H} - t_{15}^O = 691 - 495 = 196;$$

$$\bar{C}_{56}^2 = t_{26}^{H,H} - t_{25}^O = 707 - 554 = 153;$$

$$\bar{C}_{56}^3 = t_{36}^{H,H} - t_{35}^O = 714 - 648 = 66;$$

$$\bar{C}_{56}^4 = t_{46}^{H,H} - t_{45}^O = 724 - 724 = 0.$$

Общая продолжительность потока $T_o = t_{46}^O = 736$ единиц времени. Далее заполняются дополнительные столбцы и строки матрицы и определяется коэффициент плотности графика:

$$K_{пл} = 1274 / 2399 = 0,53.$$

Оптимизируем проекты, установив рациональную очередность их реализации в целях сокращения продолжительности работ.

В матрице, изображенной на рис. 2, находим ведущий процесс, т. е. наибольший по длительности производства работ. В нашем случае это второй столбец с продолжительностью выполнения работ 325 дней.

В отдельную графу записываем отношение сумм продолжительностей предшествующих

работ к сумме продолжительностей последующих работ к ведущему процессу $\frac{\sum t_{\text{предшест}}}{\sum t_{\text{послед}}}$.

Во вторую дополнительную графу записываем $t_{\text{посл}} - t_{\text{перв}}$. Выполнив расчет матрицы, перестроим ее с учетом значений в дополнительных графах. На первое место поставим проект объект:

↓ min (значение числителя)
↓ max (положительное значение разности);
на последнее —
↑ max (значение числителя)
↑ min (знаменатель).

При движении к середине матрицы значение числителя и знаменателя увеличивается. Поменяем в соответствии с вышеприведенным правилом последовательность проектов в матрице: на первое место поставим проект № 3, на второе — проект № 1, на третье — проект № 4, на четвертое — проект № 2.

Перестроим матрицу по результатам расчета дополнительных граф (рис. 3).

Записываем матрицу, изменив последовательность проектов: первым выполняется проект № 3, вторым — проект № 1, третьим — проект № 4 и четвертым — проект № 2. Далее выполняем расчет продолжительности выполнения работ, используя алгоритм расчета неритмичного потока. Сокращение продолжительности выполнения работ составит $736 - 711 = 25$ дней (рис. 4).

Результаты расчета представим графически в виде циклограммы (рис. 5) с выделением жирными линиями безразрывного пути и пунктирными — мест критических сближений.

Таким образом, сокращение сроков реализации проектов технического перевооружения ТДСК возможно за счет совмещения однотипных работ и изменения очередности реализации проектов. Сроки реализации проектов, планируемые потребности в ресурсах и стоимость проектов являются взаимосвязанными показателями. При этом наиболее значимый показатель — это срок реализации проекта: за счет эффективного планирования ресурсов и затрат проекта можно добиться оптимального срока его реализации.

Библиографический список

1. Балакин М. Ф., Моисеева Е. Г., Митрофанова М. Н. Исследование и анализ сущности и экономического содержания технического перевооружения производства // Управление экономическими системами. 2012. № 12 (48). URL: <http://uecs.ru/uecs48-482012?start=20> (дата обращения: 10.02.2017).
2. Панкратов О. Е. Проблемы повышения эффективности использования основных фондов строительства // Экономика строительства. 2016. № 4 (40). С. 3–13.
3. Панкратов Е. П. Теоретические аспекты форм и методов воспроизводства основных производственных фондов строительства // Практика и механизмы управления экономикой. 2015. № 6. С. 83–89.
4. Р50-54-16-87. Рекомендации. ЕСТПП. Выбор средств механизации и автоматизации производственных процессов.
5. Базы данных Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 15.06.2017).

Проекты	Работы						$\sum_1^m a_i$	$\sum_1^m \bar{C}_i$	$\sum_1^m a_i + \bar{C}_i$
	1	2	3	4	5	6			
1	0	73/111	181/339	361/371	401	495/691	305	402	707
	73	38	158	10	94	196			
	73	181/443	361/203	401/391	495	707/541			
2	73	143/181	203/361	391/401	495	541/707	331	310	641
	108	72	108	45	49	153			
	181	253/215	401/243	446/436	554	714/548			
3	181	215/253	243/401	436/446	554	548/714	295	248	543
	46	26	70	10	76	66			
	227	331/293	436/278	478/468	648	724/528			
4	227	293/331	278/436	468/478	648	528/724	343	166	509
	96	8	24	18	140	12			
	323	436/398	460/302	508/498	724	736/540			
	$T_1=323$	$T_2=325$	$T_3=121$	$T_4=137$	$T_5=323$	$T_6=45$	1274	1126	2400

Рис. 3. Матрица расчета продолжительности выполнения работ по проектам

Рис. 4. Матрица с изменением очередности выполнения работ по проектам

1. Balakin M. F., Moiseeva E. G., Mitrofanova M. N. *Issledovanie i analiz sushchnosti i ehkonomicheskogo soderzhaniya tekhnicheskogo perevooruzheniya proizvodstva* [Research and analysis of the essence and economic content of production modernization]. *Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami – Control of economic systems*, 2012, no. 12 (48). Available at: <http://uecs.ru/uecs48-482012?start=20> (accessed: 10.02.2017).
2. Pankratov O. E. *Problemy povysheniya ehffektivnosti ispol'zovaniya osnovnykh fondov stroitel'stva* [Problems of increasing the efficiency of using the fixed assets of construction]. *Ehkonomika stroitel'stva – Construction Economy*, 2016, no. 4 (40), pp. 3–13.

3. Pankratov E. P. *Teoreticheskie aspekty form i metodov vosproizvodstva osnovnykh proizvodstvennykh fondov stroitel'stva* [Theoretical aspects of the forms and methods of re-equipment of the construction fixed business assets]. *Praktika i mekhanizmy upravleniya ehkonomikoy – Practice and economic management mechanisms*, 2015, no. 6, pp. 83–89.
4. R50-54-16-87. *Rekomendatsii. ESTPP. Vybór sredstv mekhanizatsii i avtomatizatsii proizvodstvennykh protsessov* [P50-54-16-87. Recommendations. ESTPP. Selection of mechanization and automation means of production processes].
5. *Bazy dannykh Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki* [Data bases of Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed: 15.06.2017).