УДК 336.6
ББК 65.05
Р 69

МОДЕЛИ ПЕРЕОБУЧЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТНИКОВ

Романов Б.А.[1]
МАИ (Национальный исследовательский университет)

В статье разработаны математические модели оптимального переобучения работников и их оптимального распределения по рабочим местам при реализации инвестиционных производственных проектов. При реализации крупных инвестиционных производственных проектов структура работников по профессиям и количественному составу может претерпеть существенные изменения. В случае недостатка работников тех или иных профессий может быть проведено переобучение имеющихся работников, а также вновь поступивших.

Ключевые слова: профессиональный состав работников, количество занятых работников на промышленном предприятии, оптимальное переобучение, оптимальное распределение работников по рабочим местам.

1. Введение

Проблемы моделирования распределения работников по предприятиям в советское время не поднимались, т.к. планирование экономики и трудовых ресурсов было централизованным и решалось в высшем планирующем органе государства – в Госплане СССР. В постсоветское время – в периоде становления капитализма в России, проблемы переобучения и перераспределения работников между предприятиями не были в достаточной степени актуальны. Однако к настоящему времени состояние экономики России требует перехода к политики реиндустриализации. Основу этой политики должна составлять реализация крупных инвестиционных производственных проектов. Перед реализацией таких инвестиционных проектов целесообразно провести их моделирование и оценить получаемые результаты. В [2] разработан комплекс моделей для исследования реализации крупных инвестиционных производственных проектов. Важной составной частью реализации таких проектов является переобучение и перераспределение работников. Для анализа этих процессов предлагаются модели переобучения работников и распределения по рабочим местам.

Количество занятых работников на предприятиях при реализации инвестиционного производственного проекта, выполняемого группой промышленных предприятий, изменяется в зависимости от требуемой загрузки производства (производственных линий). Такое изменение осуществляется в первую очередь за счет перераспределения трудовых ресурсов, которое является наряду с увеличением производительности линий необходимым фактором реализации производственного инвестиционного проекта. При реализации крупных проектов структура производства продукции на предприятиях может претерпевать резкие изменения. На тех предприятиях, где производство будет увеличиваться, количество занятых работников также должно возрасти. На других предприятиях производство может сокращаться, в результате чего возникает избыток рабочей силы. Поэтому естественно использовать высвободившихся работников на предприятиях с увеличивающимся производством.

Модель подготовки (переобучения) работников базируется на следующем подходе. Пусть известны размеры увеличения и уменьшения объемов производимой продукции на предприятиях в итоге реализации инвестиционного производственного проекта по сравнению с его началом. Эти изменения можно получить из расчетов на статической оптимизационной модели изложенной в [2], предназначенной для определения состояния предприятий в конечной точке инвестиционного периода.

[1]*Романов Борис Александрович, кандидат технических наук, доцент* (*boris094@mail.ru)*

Зная трудоемкость производства на предприятиях до начала и в конце периода реализации производственного проекта, можно оценить требуемое количество работников на предприятиях, необходимое в конце этого периода.

На основании этих данных рассчитывается состав занятых работников на предприятиях в разбивке по специальностям (профессиям) по состоянию на начало и конец инвестиционного периода реализации производственного проекта. Сравнивая эти составы, можно определить избыток и недостаток работников определенных профессий, который возникнет при реализации заданного проекта. Для того чтобы восполнить недостаток работников дефицитных профессий, можно провести переобучение работников избыточных специальностей в дефицитные специальности. Выпуск переобученных работников и будет определять динамику перераспределения работников между предприятиями в процессе реализации заданного производственного проекта.

Далее переобученных работников нужно так распределить по рабочим местам, чтобы отклонение их профессиональной структуры от требуемой структуры в конце периода реализации инвестиционного производственного проекта было минимальным. Для получения такого распределения предназначена модель оптимального распределения работников по рабочим местам.

2. Модель оптимального переобучения работников

Исходными данными для моделей являются рассчитанные на основе статической оптимизационной модели [2] векторы производства продукции на предприятиях в начале – x_i^b и в конце x_i^e, $i = 1,...,N$ периода реализации заданного производственного проекта, где N – число предприятий, участвующих в его реализации.

Тогда количество занятых работников на предприятиях в начале и конце периода выражается в виде векторов H_i^b, H_i^e

$$H_i^b = \xi_i^b x_i^b;\; H_i^e = \xi_i^e x_i^e;\; i = 1,...,N,$$

где ξ_i^b, ξ_i^e – трудоемкости производства продукции на предприятии $i = 1,...,N$ в начале и конце инвестиционного периода реализации производственного проекта.

Пусть имеется L специальностей и структура занятых работников на предприятиях по этим специальностям (доля занятых работников на предприятии i со специальностью l) в начале и конце периода реализации заданного производственного проекта выражается соответственно матрицами $\left\| b_{il}^b \right\|$, $\left\| b_{il}^e \right\|$. Тогда состав занятых работников по специальностям на предприятиях в начале и конце инвестиционного периода реализации заданного производственного проекта можно выразить в виде матриц $\left\| H_{il}^b \right\|, \left\| H_{il}^e \right\|$, которые определяются соотношениями

$$H_{il}^b = b_{il}^b H_i^b;\quad H_{il}^e = b_{il}^e H_i^e;\; i = 1,...,N,\; l = 1,...,L.$$

Для того чтобы осуществить перераспределение трудовых ресурсов, необходимо предварительно определить, работники каких специальностей будут в избытке, а работников каких специальностей будет не хватать в конце инвестиционного периода реализации производственного проекта. Для этого определим разность векторов профессиональной занятости работников в начале и конце периода реализации производственного проекта. Обозначим эту разность как ΔH_l,

$$\Delta H_l = H_l^b - H_l^e,\; l = 1,...,L.$$

Обозначим векторы ΔH_l^+ и ΔH_l^-, которые определяются из условий

$$\Delta H_l^+ = \Delta H_l,\; l = 1,...,L, \text{ если } \Delta H \geq 0;$$

$$\Delta H_l^- = \left| \Delta H_l \right|,\; l = 1,...,L, \text{если } \Delta H < 0.$$

Если все компоненты вектора ΔH_l неотрицательны, то профессиональный состав трудовых ресурсов в начале реализации проекта позволит обеспечить необходимую занятость в конце инвестиционного периода реализации заданного проекта. В противном случае, т.е. если среди компонентов вектора ΔH_l имеются отрицательные значения, работников этих специальностей будет не хватать в конце инвестиционного периода. При этом если количество работников, определяемых положительными компонентами вектора ΔH_l, будет в избытке, то их можно переучивать на дефицитные специальности. В случае, если сумма положительных значений вектора ΔH_l будет равна сумме модулей отрицательных значений, то тогда работники требуемых дефицитных специальностей могут быть полностью подготовлены из числа работников избыточных специальностей.

Если работников избыточных специальностей будет больше, чем требуемых работников дефицитных специальностей, то часть из них должна быть сокращена (процедура сокращения должна соответствовать действующему трудовому законодательству). Если общее количество работников дефицитных специальностей будет меньше общего количества работников избыточных специальностей, то потребуется привлечь дополнительных работников. В случае, если эти работники будут иметь требуемые дефицитные специальности и в требуемом количестве, то проблема набора требуемых работников будет решена.

Если среди дополнительно принимаемых работников не достаточно работников дефицитных специальностей, то их можно переучить на эти специальности. Обозначим через матрицу η_{il}, $l = 1,...,L$ количество лиц со специальностью l, которое может быть привлечено на предприятие i. Эту матрицу можно определить на основе статистических данных о безработных в регионе расположения группы предприятий совместно реализующих инвестиционный производственный проект.

Тогда количество лиц со специальностью l в начале периода реализации инвестиционного производственного проекта можно представить в виде вектора

$$H_l^b = \sum_{i=1}^{N} H_{il}^b + \sum_{i=1}^{N} \eta_{il}, \; l = 1,...,L.$$

Аналогичный вектор в конце периода реализации определяется так

$$H_l^e = \sum_{i=1}^{N} H_{il}^e, \; l = 1,...,L.$$

При проведении переучивания этот процесс целесообразно организовать так, чтобы как можно быстрее переучить новых работников. Это означает, что суммарное время переучивания работников должно быть наименьшим. Для решения этой задачи необходимо найти оптимальную схему переучивания, т.е. определить, работников каких избыточных специальностей, на какие дефицитные специальности, и в каком количестве наиболее целесообразно переучивать.

Обозначим через $\|d_{ml}\|$ матрицу сроков переучивания из избыточной специальности m в дефицитную специальность l, $m = 1,...,L$, а через $\|\zeta_{ml}\|$ матрицу количества работников с избыточной специальностью m, которых целесообразно переучивать в дефицитную специальность l при оптимальной схеме переучивания, т.е. при минимуме затрат общего времени. Тогда целевую функцию оптимизационной модели переучивания можно представить в следующем виде

$$\sum_{m=1}^{L} \sum_{l=1}^{L} d_{ml}\zeta_{ml} \to min. \tag{1}$$

Искомой величиной в этой модели является матрица $\|\zeta_{ml}\|$. Для окончательного формулирования оптимизационной модели необходимо задать ограничения на искомую матрицу. Этими ограничениями служат векторы ΔH_l^+ и ΔH_l^-, которые определены выше.

Вектор ΔH_l^+ служит ограничением на количество работников избыточных специальностей, а вектор ΔH_l^- – ограничением на количество работников дефицитных специальностей. Эти ограничения записываются в следующем виде

(2) $$\sum_{l=1}^{L} \zeta_{ml} = \Delta H_m^+, m = 1,\ldots,L;$$

(3) $$\sum_{m=1}^{L} \zeta_{ml} = \Delta H_l^-, l = 1,\ldots,L.$$

По смыслу матрицы $\|\zeta_{ml}\|$ ее диагональные элементы должны быть равны нулю:

$\zeta_{ml} = 0$ при $m = l$.

Для компонентов векторов ΔH_l^+ и ΔH_l^- должны выполняться условия:

если $\Delta H_l^+ > 0$, то $\Delta H_l^- = 0$ и наоборот, если $\Delta H_l^- > 0$, то $\Delta H_l^+ = 0$.

Тогда исход переучивания работников можно представить как результат решения следующей оптимизационной задачи: найти минимум целевой функции (1) при ограничениях (2)-(3). Эта задача является классической транспортной задачей, для разрешимости которой необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие баланса [1]:

$\sum_{m=1}^{L} \Delta H_m^+ = \sum_{l=1}^{L} \Delta H_l^-$. Выше было указано, что модель формулируется так, чтобы это условие всегда выполнялось.

В результате решения на этой модели определяется матрица $\|\zeta_{ml}\|$, представляющая собой количество работников с избыточной специальностью m, которые переучиваются в дефицитную специальность l. Эту матрицу можно использовать не только для определения конечного итога переучивания работников, но и для расчета динамики этого процесса. График динамики можно построить следующим способом. Заметим сначала, что переучиваемые работники заканчивают курс обучения в разное время в соответствии с длительностью обучения, определяемого матрицей $\|d_{ml}\|$, при условии, что переучивание всех работников начинается одновременно.

Упорядочим элементы этой матрицы по возрастанию их значений и обозначим эту последовательность через d_n, где $n = 1,..., L^2$. Отложим на графике по оси абсцисс от нуля отрезки, равные значениям этой последовательности. Тогда последовательность точек, определяемых правыми концами этих отрезков, будет представлять собой последовательность моментов времени, в которых осуществляется выпуск переученных работников. Те точки этой последовательности, которым соответствуют ненулевые элементы матрицы $\|d_{ml}\|$ решения оптимизационной задачи (1)-(2), будут представлять собой моменты времени выпуска очередной группы переученных работников.

На оси ординат будем откладывать в точках выпуска численные значения переученных работников дефицитных специальностей нарастающим итогом. В результате получим график выпуска переученных работников как функцию времени, которые могут быть заняты на производстве. Обозначим $h_l(t)$ количество переобученных за отрезок времени d_n работников специальности l (нарастающим итогом). Эта величина определяется как

$$h_l(t) = \sum_{m=1}^{L} \sum_{t=0}^{t} \zeta_{ml}(t), \text{ где } t = d_n,\ n = 1,..., L^2.$$

Просуммировав функцию $h_l(t)$ по специальностям l, получаем график выпуска переученных работников как функцию времени.

3. Числовой пример для модели обучения работников

Рассмотрим числовой пример модели переобучения работников. Пусть имеется 10 специальностей и матрица времени переобучения из специальности m в специальность l в месяцах $l, m = 1,...,10$.

Количество работников требуемых специальностей m, $m = 1,...,10$ равно:

ΔH_1^- =100, ΔH_2^- =60, ΔH_3^- =80, ΔH_4^- =40, ΔH_5^- =20, ΔH_6^- =0, ΔH_7^- =0, ΔH_8^- =0, ΔH_9^- =0, ΔH_{10}^- =0.

Количество работников избыточных специальностей m, $m = 1,...,10$ равно:

ΔH_1^+ =0, ΔH_2^+ =0, ΔH_3^+ =0, ΔH_4^+ =0, ΔH_5^+ =0, ΔH_6^+ =70, ΔH_7^+ =50, ΔH_8^+ =120, $\Delta H_9^+ = 40$, ΔH_{10}^+ =20.

Учитывая, что конкретно заданы количества работников избыточных и дефицитных специальностей, то для расчетов потребуются только те элементы матрицы переобучения, которые относятся к переобучению избыточных специальностей в дефицитные, т.е. матрица размерности 5x5:

l / m	1	2	3	4	5
6		3	5	7	4
7	2		6	4	1
8	3	2		6	5
9	2	4	4		6
10	8	4	5	2	

Оптимизационная задача (1)-(3) представляет собой задачу линейного целочисленного программирования транспортного типа, которую можно решить с помощью стандартных пакетов программ. В результате решения получаем значения элементов матрицы ζ_{ml}:

l / m	1	2	3	4	5
6		60	10		
7	30				20
8	30		70	20	
9	40				
10				20	

Функцию $h_l(t)$ получаем, подсчитывая количество работников специальности l нарастающим итогом, которые выпускаются после переобучения за отрезок времени d_n (количество месяцев, через которое происходит выпуск переобученных работников, $n = 1,..., L^2$). Но сначала подсчитаем функцию $\hat{h}_l(t)$, которая представляет выпуск переученных работников через период, равный d_n:

d_n / l	1	2	3	5	6
1		70	30		
2			60		
3				10	70
4		20			20

5	20				

4. Модель оптимального распределения работников по рабочим местам

Обученные работники должны быть распределены по рабочим местам на предприятиях. Целесообразно организовать такое их распределение по рабочим местам, чтобы максимально приблизить к структуре специальностей, соответствующей концу инвестиционного периода реализации производственного проекта, определяемой матрицей $\left\| b_{ij}^{e} \right\|$. Сформулируем эту модель.

Профессиональный состав занятых на предприятиях в период реализации заданного производственного проекта складывается из двух слагаемых. Первое слагаемое представляет собой ту часть работников, которые остаются на своих местах в ходе реализации производственного проекта или переходят из других предприятий без переобучения. Второе слагаемое – это приходящие на производство переученные работники дефицитных специальностей. Вновь прибывающие работники должны адаптироваться к новым условиям работы. Это требует отвлечения части постоянного состава работников для оказания помощи в адаптации новых работников.

Допустим, что для адаптации работников специальности l от производства отвлекается доля постоянных работников, определяемая вектором $\vartheta_l(t)$. Этот вектор зависит от времени и к концу периода реализации заданного производственного проекта уменьшается до нуля. Обозначим H_{il}^{c} количество постоянных работников со специальностью l на предприятии i в начале инвестиционного периода реализации производственного проекта. Тогда профессиональный состав занятых работников на предприятиях в каждый момент времени можно представить в виде следующей зависимости

(4) $$H_{il}(t) = H_{il}^{c}[1 - \vartheta_l(t)] + h_{il}(t),$$

где $\left\| h_{il}(t) \right\|$ – матрица, определяющая поступление переученных работников специальности l на рабочие места предприятия i в момент времени t.

На элементы матрицы $h_{il}(t)$ накладывается ограничение:

(5) $$\sum_{t=1}^{T^L} \sum_{i=1}^{N} h_{il}(t) \le h_l(t),$$

где T^L – момент окончания процесса переучивания, определяемый как $T^L = max\, d_n = d_{L^2}$;

Критерием оптимального распределения работников по предприятиям является минимум отклонения профессиональной структуры занятых работников предприятий в начале периода реализации производственного проекта от этой структуры в конце периода реализации проекта. В конце этого периода профессиональная структура определяется матрицей $\left\| b_{il}^{e} \right\|$. Текущее значение этой матрицы в ходе реализации производственного проекта, обозначаемое $\left\| b_{il}(t) \right\|$, определяется из матрицы $\left\| H_{il}(t) \right\|$ нормированием последней по строкам (предприятиям) на единицу. Элементы матрицы $\left\| b_{il}(t) \right\|$ вычисляются по формуле

$$b_{il}(t) = \frac{H_{il}(t)}{\sum_{i=1}^{N} \sum_{l=1}^{L} H_{il}(t)}, \; i = 1,..., N, \; l = 1,..., L.$$

Отклонение профессиональной структуры предприятий в начале периода реализации производственного проекта от этой структуры в конце периода реализации проекта можно представить в виде модуля или квадрата разности величин $\left\|b_{il}(t)\right\|$ и $\left\|b_{il}^{e}\right\|$. Тогда целевую функцию рассматриваемой оптимизационной модели можно записать в следующем виде:

(6) $$\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N}\sum_{l=1}^{L}\left|b_{il}(t)-b_{il}^{e}\right|\to min$$

или

(7) $$\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N}\sum_{l=1}^{L}[b_{il}(t)-b_{il}^{e}]^{2}\to min.$$

Окончательно оптимизационная задача распределения работников по предприятиям формулируется в следующем виде: найти минимум целевой функции (6) или (7) при ограничениях (4)-(5). Решением этой задачи является матрица $\left\|h_{il}(t)\right\|$, представляющая собой то поступающее в момент времени t количество обученных работников, которое вместе с имеющимся постоянным составом, с учетом отвлечения его части на адаптацию обученных работников, является оптимальным по критерию минимума отклонения структуры занятых по специальностям от структуры в конце периода переобучения.

Если предприятия в период реализации производственного проекта полностью обеспечены материальными ресурсами, то динамика выпуска продукции определяется текущей занятостью работников на предприятиях. Однако, ввиду несбалансированности занятых работников на предприятиях по профессиональной структуре до окончания инвестиционного периода реализации производственного проекта, отдача от них в этот период не будет полной. Приближенно влияние диспропорции в профессиональной структуре занятости на выпуск продукции можно представить так, что в каждый момент времени будут заняты не все работники, а только их сбалансированная часть в пропорциях, определяемых матрицей $\left\|b_{il}^{e}\right\|$.

Коэффициент пропорциональности можно найти следующим способом.

Обозначим эту часть занятых работников на предприятии i в момент времени t вектором $s_i(t)$.

Этот вектор можно определить следующим способом. Вычислим предварительно вспомогательную матрицу $\Delta H_{il}(t)$ как разность матриц

$$\Delta H_{il}(t)=H_{il}^{e}-H_{il}(t).$$

Эта матрица может иметь как положительные, так и неотрицательные элементы. В каждой строке этой матрицы (для каждого предприятия) находим максимальный положительный элемент, который показывает максимальное отклонение количества работников специальности l от состояния в конечной точке инвестиционного периода. В конечной точке инвестиционного периода все отклонения становятся равными нулю.

Образуем коэффициент $s_i(t)$ как частное от деления максимального положительного элемента матрицы $\Delta H_{il}(t)$, обозначаемый $\Delta H_{il}^{max}(t)$ на общее количество работников всех специальностей на предприятии, обозначаемое H_i вычисляемого суммированием

$$s_i(t)=\frac{\Delta H_{il}^{max}(t)}{H_i}.$$

Величина H_i определяется суммирование по специальностям (по индексам l) матрицы $\left\|H_{il}^{e}\right\|$

$$H_i = \sum_{l=1}^{L} H_{il}^{e} .$$

Содержательный смысл коэффициента $s_i(t)$ заключается в том, что он показывает часть работников на предприятии i от их общего числа, которая сбалансирована для производства продукции. Другая часть представляет собой работников, которые пока не заняты на производстве ввиду диспропорции в текущий момент. В конце периода переобучения, когда требуемое количество работников соответствующих специальностей поступит на рабочие места, осуществится баланс работников всех специальностей.

После того как вычислен вектор $s_i(t)$, окончательно получаем, что искомая матрица профессионального состава предприятий, сбалансированного для выпуска максимального объема продукции в момент времени t, определяется по формуле

$$\hat{H}_{il}(t) = s_i(t) H_{il}(t).$$

Суммируя значения матрицы $\hat{H}_{il}(t)$ по индексу l, т.е. по специальностям, получаем количество фактически занятых работников на предприятиях как функцию времени в инвестиционном периоде реализации производственного проекта, обозначаемая $H_i(t)$

$$H_i(t) = \sum_{l=1}^{L} \hat{H}_{il}(t).$$

Величина $H_i(t)$ представляет собой максимальное количество занятых работников на предприятии i в момент времени t и используется в задаче расчета динамики производства как ограничение на выпуск продукции в периоде реализации инвестиционного производственного проекта [1].

5. Числовой пример оптимального распределения работников по рабочим местам

Рассмотрим числовой пример, используя данные, полученные при переобучении работников в первой части статьи. Для упрощения примера отразим только оптимальное распределение обученных работников по предприятиям по критерию минимума отклонения текущей структуры работников по специальностям от структуры в конце периода переобучения, т.е. решим оптимизационную задачу минимизации функции (6) (для определенности) с ограничениями (4)-(5). Вектор выпуска обученных работников со специальностью l нарастающим итогом $h_l(t)$ определяется суммированием вектора $\widehat{h}_l(t)$ нарастающим итогом по отрезкам времени d_n и для рассматриваемого примера представлен в таблице:

d_n / l	1	2	3	5	6
1		70	100		
2			60		
3				10	80
4		20			40
5	20				

Рассмотрим простой вариант, когда обученные работники направляются на 2 предприятия. Для упрощения также примем, что постоянных работников нет и нужно найти только матрицу $\left\| h_{il}(t) \right\|$.

Тогда ограничение (4) исчезает и остается только ограничение (5). В этом случае элементы матрицы $\left\| b_{il}(t) \right\|$ вычисляются по формуле

$$b_{il}(t) = \frac{h_{il}(t)}{\sum\limits_{i=1}^{N} \sum\limits_{l=1}^{L} h_{il}(t)}, \; i = 1,...,N, \; l = 1,...,L, t = d_n, \; n = 1,...,L^2.$$

Матрицу $\left\| b_{il}^{e} \right\|$ вычисляем по формуле:

$$b_{il}^{e} = \frac{h_{il}^{e}}{h_{i}^{e}}; \; i = 1,...,N, \; l = 1,...,L,$$

где h_{il}^{e} - количество занятых работников со специальностью l на предприятии i в конце инвестиционного периода;

h_{i}^{e} - общее количество занятых работников на предприятии i в конце инвестиционного периода.

Всего имеется 300 работников. Допустим, что на предприятие 1 нужно направить 200 работников, а на предприятие 2 оставшиеся 100 работников. Количество работников по специальностям на предприятиях 1 и 2 в конце инвестиционного периода должна быть равна:

Кол-во работников на предприятии i Специальность l	1	2
1	60	40
2	30	30
3	60	20
4	40	0
5	10	10

Оптимизационная задача (4)-(5) представляет собой задачу целочисленного линейного программирования, которая может быть решена с помощью стандартных пакетов линейного программирования. В итоге решения получаем матрицу $\left\| h_{il}(t) \right\| \; i = 1,2, \quad l = 1,...,5, t = d_n,$ $n = 1,...,L^2$

для предприятия 1:

d_n l	1	2	3	5	6
1		47	60		
2			40		
3				7	53
4		13			27
5	13				

для предприятия 2:

d_n l	1	2	3	5	6
1		23	40		
2			20		

3				3	27
4		7			13
5	7				

Заключение

В статье разработаны модели обучения и распределения работников по рабочим местам при выполнении крупных инвестиционных производственных проектов. Модель обучения (переобучения) работников оптимизационная по критерию минимума суммарного времени обучения (переобучения). Модель распределения работников по рабочим местам также оптимизационная с критерием минимума отклонения структуры занятых работников по профессиям от нормативной структуры, которая должна быть в итоге выполнения инвестиционного производственного проекта. Приведены числовые примеры, показывающие работоспособность моделей.

Литература

1. ГОЛЬШТЕЙН Е.Г. ЮДИН Д.Б. *Задачи линейного программирования транспортного типа.* М.: Наука, 1969.-384 с.1.
2. РОМАНОВ Б.А. *Комплекс оптимизационных и имитационных моделей для исследования реализации предприятиями инвестиционных производственных проектов: Монография*.- М.: РИОР: Academus: Инфра-М, 2015.- 292 с.

MODELS OF WORKERS TRAINING AND DISTRIBUTION ON WORKPLACES

Abstract: In article mathematical models of optimum conversion training of workers and their optimum distribution on workplaces are developed at realization of investment industrial projects. At realization of large investment industrial projects the structure of workers by trades and quantitative structure can undergo essential changes. In case of a lack of those workers or other trades conversion training of available workers, and also again arrived can be spent.

Keywords: professional structure of workers, quantity of the occupied workers at the industrial enterprise, optimum conversion training, optimum distribution of workers on workplaces.

Boris Romanov*, MAI (National research university), Moscow, Cand.Sc., assistant professor (boris094@mail.ru).*

Романов Борис Александрович.
МАИ (Национальный исследовательский университет)
Доцент, кандидат технических наук. Моб. тел. (910) 453-7756 E-mail boris094@mail.ru