



УДК 658.3:656.2:331.2



ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

# Как управлять текучестью железнодорожников



Илья ЕПИШКИН  
Ilya A. EPISHKIN

Александр ФРОЛОВИЧЕВ  
Alexander I. FROLOVICHEV



*Епишкин Илья Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Экономика труда и управление человеческими ресурсами» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

*Фроловичев Александр Иванович – старший преподаватель кафедры «Математика» МИИТ, Москва, Россия.*

## How to Manage Railway Staff' Turnover (текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 232)

**Авторы приводят результаты исследования влияния внешних и корпоративных факторов на уровень текучести персонала в Центральной дирекции инфраструктуры – филиале ОАО «РЖД» в разрезе региональных дирекций. На основе эконометрического инструментария составлены математические уравнения зависимости текучести кадров от выявленных факторов, сделаны экономические выводы по использованию найденных зависимостей при управлении человеческими ресурсами, рассмотрены перспективы продолжения исследований в этой сфере.**

Ключевые слова: железная дорога, человеческие ресурсы, текучесть персонала, заработная плата, факторы текучести, управление текучестью.

**З**адача эффективного управления текучестью персонала является одной из классических задач менеджмента. Проблеме этой посвящено множество исследований и публикаций [1–4]. Многие компании, исследовательские организации уделяют немало внимания поиску инструментов и методов, с помощью которых можно воздействовать на самую сложную и значимую группу ресурсов организации – человеческие ресурсы [5].

Общеизвестно, что высокий уровень текучести приводит к росту дополнительных затрат на персонал [6]. Типичными факторами роста затрат, связанными с текучестью, являются следующие: необходимость поиска и отбора нового сотрудника, его адаптация и обучение, расходы на спецодежду и средства индивидуальной защиты [7]. В то же время вместе с квалифицированным работником уходят его опыт, вложенные в него средства организации (в подготовку, повышение квалификации, социальное обеспечение).

Особенности формирования и использования трудовых ресурсов железнодорожного транспорта усиливают значимость

экономических потерь от текучести персонала в отрасли. К этим особенностям можно отнести уникальную систему подготовки кадров для отрасли, объективно требующую значительных средств для подготовки квалифицированных работников, высокие требования к уровню персонала, обусловленные проблемами безопасности движения и выполнения сложных технологических процессов [8, 9].

Трудно управлять тем, что невозможно измерить. Поэтому для поиска эффективных рычагов воздействия на текучесть персонала следует знать факторы, её вызывающие, и пытаться дать количественную оценку влияния этих факторов, используя современный экономико-математический аппарат [10].

В ранее проведенных исследованиях [11, 12] были выявлены некоторые факторы, влияющие на текучесть персонала в Центральной дирекции инфраструктуры – филиале ОАО «РЖД» (далее – ЦДИ). Это самое многочисленное функциональное подразделение компании (более 300000 работников), осуществляющее функции по текущему содержанию и обслуживанию железнодорожной инфраструктуры.

В результате исследований было установлено, что на уровень текучести персонала в разрезе региональных дирекций инфраструктуры (территориальных подразделений Центральной дирекции инфраструктуры, далее – РДИ) существенное влияние оказывают как уровень среднемесячной заработной платы по региональной дирекции, так и её отношение к среднемесячной заработной плате по субъектам Российской Федерации, тяготеющим к данной региональной дирекции (по данным 2014 года [11]).

В качестве средней заработной платы по субъектам РФ, тяготеющим к РДИ, рассматривалась средняя заработная плата в наиболее характерном для той или иной РДИ субъекте РФ. Более полные статистические данные за 2012–2014 годы позволили уточнить полученные ранее результаты.

Итак, для оценки влияния заработной платы на текучесть персонала в Центральной дирекции инфраструктуры в разрезе региональных дирекций берем 2012–2014 годы. Будем оперировать следующими показателями и факторами:

$T$  – результирующая переменная, уровень текучести персонала по РДИ, %;

$S_{ди}$  – средняя заработная плата по региональным дирекциям, руб.;

$S_{рф}$  – средняя заработная плата по тяготеющим к РДИ субъектам Российской Федерации, руб.;

$K = S_{ди}/S_{рф}$  – отношение средней заработной платы по региональным дирекциям к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам Российской Федерации;

$U$  – уровень безработицы по тяготеющим к РДИ субъектам Российской Федерации, %.

Каждый из четырех предложенных факторов, по нашему мнению, в той или иной степени влияет на результирующую переменную – текучесть персонала.

Чтобы скорректировать набор факторов, изучим их взаимосвязи между собой и силу их связи с результирующей переменной. Для этого используем возможности корреляционно-регрессионного анализа. Подробное исследование приведем только для средних значений предложенных показателей за три года (2012–2014 гг.). Это позволит повысить надежность результатов, сгладив случайные колебания в отдельные годы, зафиксировав при этом стабильность взаимосвязей во времени. С другой стороны, отметим отдельно динамику взаимосвязей между показателями с течением времени, что позволит определить изменения системы во времени.

Способ расчета среднего значения каждого из показателей за три года выберем исходя из их природы. Показатели  $T$ ,  $U$  и  $K$ , как относительные, будем усреднять с помощью среднего геометрического; показатели по средней заработной плате, как абсолютные, усредним с помощью среднего арифметического.

Средние значения описанных показателей за период с 2012 по 2014 год приведены в таблице 1.

В качестве инструмента оценки взаимосвязи между показателями и выполнения спецификации регрессионной модели была использована матрица парных коэффициентов корреляции, приведенная в таблице 2.

Элементами матрицы являются парные коэффициенты корреляции, отражающие тесноту и направление связи между соот-



**Усредненные показатели текучести персонала и предполагаемых влияющих факторов  
в разрезе региональных дирекций инфраструктуры за 2012–2014 годы**

Региональные дирекции инфраструктуры	Средний уровень текучести персонала за 2012–2014 годы (Т), %	Средняя заработная плата за 2012–2014 годы по РДИ ( $S_{ди}$ ), руб.	Средняя заработная плата по тяготеющим к РДИ субъектам РФ за 2012–2014 годы ( $S_{рф}$ ), руб.	Средний уровень безработицы по тяготеющим к РДИ субъектам РФ за 2012–2014 годы (U), %	Среднее отношение средней заработной платы по РДИ к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам РФ за 2012–2014 годы (К)
Калининградская	8,52	32690	24333	6,13	1,35
Октябрьская	7,28	37110	30814	4,07	1,21
Московская	7,88	40995	32813	3,55	1,25
Северная	7,45	36765	27754	5,53	1,33
Горьковская	8,87	29310	22486	4,93	1,31
Юго-Восточная	8,31	26767	21161	4,53	1,27
Северо-Кавказская	11,12	26791	21863	6,81	1,23
Приволжская	9,32	27766	20952	6,03	1,33
Куйбышевская	11,60	26821	22121	4,49	1,22
Свердловская	12,20	34819	30821	5,77	1,13
Южно-Уральская	8,72	30212	22297	6,16	1,36
Западно-Сибирская	9,42	32485	23856	6,40	1,36
Красноярская	5,84	40092	30274	5,64	1,33
Восточно-Сибирская	6,42	44847	27977	8,31	1,60
Забайкальская	9,90	41075	28045	8,62	1,47
Дальневосточная	8,12	47623	30015	6,66	1,58
Среднее	8,81	34761	26099	5,85	1,33
Коэффициент вариации	0,194	0,188	0,152	0,23	0,094

Таблица 2

**Матрица парных коэффициентов корреляции между исследуемыми показателями  
(в разрезе РДИ)**

	Т	$S_{ди}$	$S_{рф}$	U	К
Т	1	-0,529	-0,358	0,043	-0,465
$S_{ди}$	-0,529	1	0,835	0,332	0,632
$S_{рф}$	-0,358	0,835	1	-0,060	0,104
U	0,043	0,332	-0,060	1	0,696
К	-0,465	0,632	0,104	0,696	1

ветствующими показателями. Здесь и далее уровень значимости, на котором будут проверяться все статистические гипотезы, принят равным 5%.

Для выбранного уровня значимости при объеме выборки, равном 16 (по числу региональных дирекций), критическое значение коэффициента корреляции составляет 0,497. То есть все коэффициенты корреляции, по модулю превосходящие данное значение, будут признаваться статистически значимыми (существенно отличными от нуля) согласно критерию Стьюдента, проверяющему гипотезу о значимости коэффициента корреляции.

Следовательно, можем утверждать, что на текучесть персонала в представленном разрезе существенно влияет только уровень средней заработной платы по региональным дирекциям ( $r_{TS_{ди}} = -0,529$ ), причем связь обратная, то есть чем выше средняя заработная плата в дирекции, тем ниже текучесть персонала. Установленная связь достаточно стабильна во времени (в 2012 году  $r_{TS_{ди}} = -0,440$ , в 2013 году  $r_{TS_{ди}} = -0,554$ , в 2014 году  $r_{TS_{ди}} = -0,523$ ), и значит, выбранный фактор можно включать в регрессионную модель.

Рассмотрим показатель К. Его влияние на текучесть чуть слабее ( $r_{TK} = -0,465$ , он

становится весомым уже на уровне 6%). С течением времени он также меняется незначительно, причем заметно усиление его влияния: в 2012 году  $r_{TK} = -0,383$ , в 2013 году  $r_{TK} = -0,424$ , в 2014 году  $r_{TK} = -0,481$ . Характер связи опять же обратный, то есть чем больше отношение средней заработной платы по региональной дирекции к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам РФ, тем ниже текучесть персонала в дирекции. Будем считать и эту гипотезу обоснованной.

Аналогичные выводы получены в выполненном ранее исследовании, результаты которого опубликованы в статье «Применение экономико-математических методов при анализе показателей по труду и заработной плате на железнодорожном транспорте» [11]. Однако там использованы данные за 2014 год, а также был выбран иной способ определения средней заработной платы по субъектам РФ, что стало причиной исключения из выборки трех региональных дирекций, которые не соответствовали общей тенденции при исследовании связи текучести с показателем  $K$ .

Следует отметить, что рассмотренные два фактора  $K$  и  $S_{ди}$  связаны между собой намного сильнее, чем с показателем текучести ( $r_{KS_{ди}} = 0,632$ ). Это говорит о том, что их совместное использование в одном уравнении нежелательно. Но, используя их как факторы, можно построить два независимых уравнения парной регрессии.

Рассмотрим два оставшихся фактора:  $S_{рф}$  и  $U$ . Безусловно, показатель средней заработной платы по тяготеющим к РДИ субъектам РФ нужно было обязательно включить в исходный набор, так как его значение является ориентиром для корректировки уровня заработной платы по региональным дирекциям в конкретном субъекте РФ. Из представленной выше корреляционной матрицы мы видим, что связь заработной платы по тяготеющим к РДИ субъектам РФ с текучестью персонала достаточно слабая ( $r_{TS_{рф}} = -0,358$ ). Кроме того, показатель  $S_{рф}$  очень тесно связан с показателем средней заработной платы по РДИ ( $r_{S_{ди}S_{рф}} = 0,835$ ) и, по сути, является «дублиром» последнего, причем существенно ему уступает по силе влияния на текучесть. В связи с этим исключаем показатель средней заработной платы по

тяготеющим к РДИ субъектам РФ из рассмотрения в данном разрезе.

Последний показатель – уровень безработицы  $U$ . Безусловно, его влияние на показатель текучести изначально было сомнительным, что и подтвердилось расчетами ( $r_{TU} = 0,043$ , коэффициент корреляции статистически незначим). Такое значение коэффициента корреляции говорит о практически полном отсутствии связи между выбранными показателями. Но если рассмотреть эту взаимосвязь в динамике за три года, то получим следующие результаты: в 2012 году  $r_{TU} = 0,093$ , в 2013 году  $r_{TU} = 0,008$ , в 2014 году  $r_{TU} = -0,136$ . При выборе гипотезы исследования предполагалось, что два из показателей имеют обратную связь, что и показывают данные за 2014 год. В этой связи большой интерес будут представлять сведения за 2015 год, которые на момент написания статьи еще не были сформированы. Есть основания утверждать, что на волне кризиса обратная связь между уровнем безработицы в регионах и уровнем текучести в региональных дирекциях ОАО «РЖД» усилится [13]. Таким образом, на данный момент использовать уровень безработицы как фактор, влияющий на текучесть персонала в ОАО «РЖД», нецелесообразно. Однако не следует исключать уровень безработицы из дальнейших исследований.

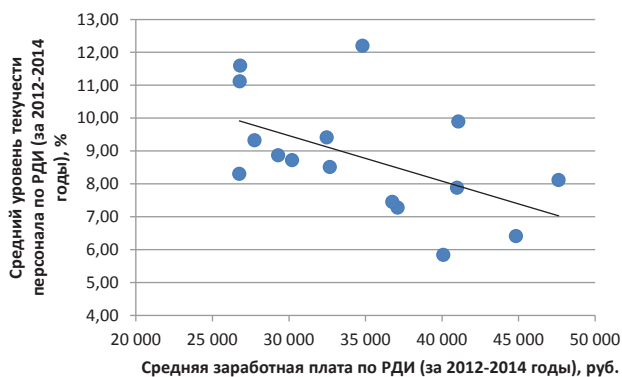
Заметим, что исследования текучести персонала не ограничивались указанным набором факторов. В частности, были рассмотрены темпы роста заработных плат, индексы изменения текучести и другие факторы. Но, во-первых, такие показатели затрудняют интерпретацию результатов и, соответственно, применение будущих моделей. Во-вторых, многие анализируемые факторы не оказывают на уровень текучести персонала ощутимое влияние.

Предположение, что зарплатные показатели влияют на текучесть с временным лагом, не подтвердилось. При выявлении зависимости между уровнем текучести 2014 года и показателями заработной платы 2013 года существенного улучшения качества связи не получено.

Подводя итоги корреляционного анализа, можно сделать вывод, что в разрезе региональных дирекций дальнейшего внимания заслуживают пока только два



**Рис. 1.**  
Зависимость  
уровня текучести  
 $T$  (в %) от средней  
зарботной платы  
 $S_{ди}$  (в руб.) по РДИ  
(в среднем за  
2012–2014 годы).



зарплатных показателя: средняя заработная плата по РДИ  $S_{ди}$  и отношение  $K$  средней заработной платы по региональным дирекциям к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам РФ.

Последовавший далее регрессионный анализ нами проведен следующим образом. Были построены два независимых уравнения парной регрессии, где в качестве факторов выступают два выбранных показателя заработной платы, а в качестве результирующей переменной выбран уровень текучести персонала  $T$ . В связи с небольшим количеством региональных дирекций построение одной модели, содержащей два фактора, не представлялось возможным.

Для визуальной оценки характера связи показателя средней заработной платы по региональным дирекциям с текучестью персонала обратим внимание на корреляционное поле (рис. 1).

Форма корреляционного поля позволяет сделать вывод о том, что связь между выбранными показателями имеет линейный характер, что подтверждает и коэффициент парной корреляции. Построим уравнение, описывающее выбранную зависимость. Оно имеет вид:

$$\hat{T} = 13,63 - 0,00014 \cdot S_{ди}. \quad (1)$$

Следует отметить, что на уровне значимости 5% данное уравнение (согласно F-критерию Фишера) и каждый из его параметров (согласно t-критерию Стьюдента) признаются статистически значимыми, средняя относительная ошибка аппроксимации составляет 14%. Это говорит о возможности использования уравнения для прогнозирования уровня текучести персонала при изменении средней заработной платы. В частности, коэффициент детерми-

нации равен 0,28. Это говорит о том, что 28% вариации значений уровня текучести объясняется средней заработной платой.

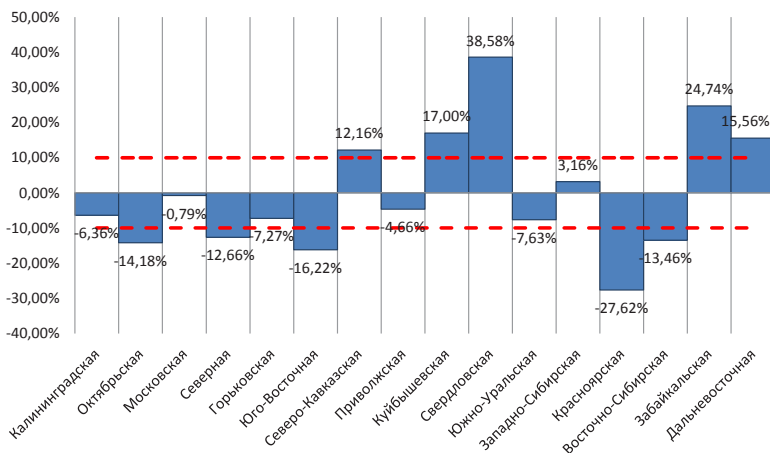
Из полученного уравнения следует, что повышение средней заработной платы по РДИ на 1000 рублей приведет к снижению уровня текучести по дирекции в среднем на 0,14 пункта. Так как средний уровень текучести по РДИ за 2012–2014 годы составил 8,81%, использование уравнения (1) позволяет сделать вывод о том, что для достижения уровня текучести в 8% необходимо увеличить уровень средней заработной платы на 5856 руб.

Средний коэффициент эластичности уровня текучести относительно средней заработной платы по РДИ составляет  $(-0,55)$ . Это говорит о том, что с увеличением средней заработной платы на 1% (348 руб.) в среднем по совокупности уровень текучести снизится на 0,55% от своего среднего значения или на 0,048 пункта. По региональным дирекциям этот показатель колеблется в пределах от  $(-0,93)$  в Дальневосточной ДИ до  $(-0,37)$  в Юго-Восточной и Северо-Кавказской ДИ.

Особый интерес представляют относительные отклонения наблюдаемых значений уровня текучести от расчетных (рис. 2). В соответствии с этим критерием региональные дирекции можно разделить на три категории:

1. Региональные дирекции, уровень текучести персонала в которых существенно выше расчетного (Свердловская, Забайкальская, Куйбышевская, Дальневосточная, Северо-Кавказская).

2. Региональные дирекции, уровень текучести персонала в которых сопоставим с расчетным значением (Московская, Западно-Сибирская, Приволжская, Кали-



**Рис. 2. Относительные отклонения наблюдаемых значений текучести персонала от расчетных, полученных с помощью уравнения (1).**

нинградская, Горьковская, Южно-Уральская).

3. Региональные дирекции, уровень текучести персонала в которых существенно ниже расчетного (Красноярская, Юго-Восточная, Октябрьская, Восточно-Сибирская, Северная).

В соответствии с приведенной классификацией можно выработать некоторые рекомендации на следующий год. Для оптимизации уровня текучести в региональных дирекциях первой группы необходимо добиться большего увеличения заработной платы, возможно – за счет меньшего её увеличения в региональных дирекциях третьей группы. Кроме того, выявленные отклонения сигнализируют о повышенной роли в этих регионах других факторов, которые в одном случае существенно повышают текучесть, а в другом, напротив, способствуют существенному её снижению.

Аналогичным образом выполнена оценка зависимости уровня текучести от отношения средней заработной платы по региональным дирекциям к средней зара-

ботной плате по тяготеющим к РДИ субъектам Российской Федерации. Снова начнем с корреляционного поля (рис. 3).

Рисунок показывает достаточно противоречивые тенденции внутри выборки, её неоднородность, что безусловно ухудшит качество полученного уравнения. Но отказываться от использования выбранного фактора нельзя, так как есть основания предполагать, что внутри региональных дирекций ситуация также весьма неоднородна и нужен более детальный анализ в разрезе субъектов Российской Федерации.

Уравнение, описывающее рассматриваемую связь, имеет вид:

$$T = 17,234 - 6,33 \cdot K. \quad (2)$$

Полученное уравнение уступает по своему качеству уравнению (1). Но на уровне значимости 10% параметры уравнения и само уравнение (2) в целом можно считать значимыми, что подтверждается F-критерием Фишера и критерием Стьюдента. Коэффициент детерминации здесь 0,22. Таким образом, 22% вариации уровня



**Рис. 3. Зависимость уровня текучести T (в %) от отношения средней заработной платы по региональным дирекциям к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам Российской Федерации (в среднем за 2012–2014 годы).**



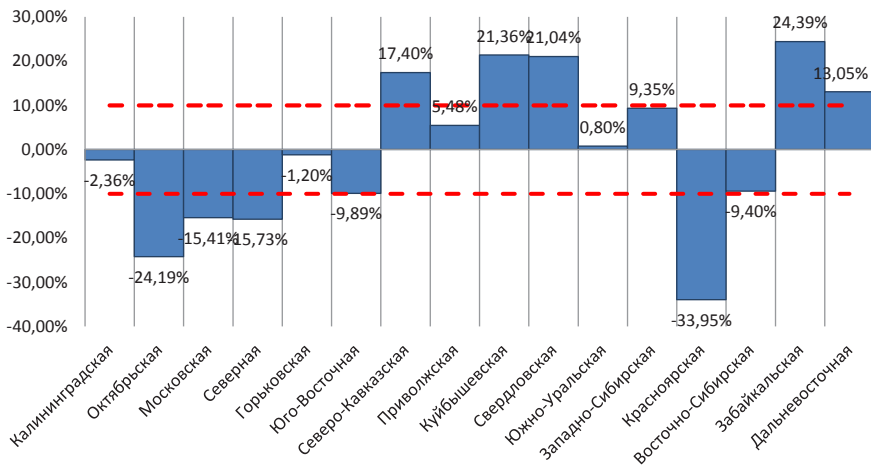


Рис. 4. Относительные отклонения наблюдаемых значений текучести от расчетных, полученных с помощью уравнения (2).

текучести обусловлено отношением средней заработной платы по РДИ к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам РФ.

Ниже представлены некоторые практические выводы, следующие из уравнения (2).

Увеличение отношения средней заработной платы по РДИ к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам РФ на 0,1 приводит к снижению уровня текучести в среднем на 0,63 пункта. Так, для достижения уровня текучести в 8% необходимо увеличить отношение средней заработной платы по РДИ к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам РФ на 0,13.

Средний коэффициент эластичности уровня текучести относительно отношения средней заработной платы по региональным дирекциям к средней заработной плате по тяготеющим к РДИ субъектам Российской Федерации составляет (-0,96). Это говорит о том, что с подобным увеличением на 1% в среднем по совокупности уровень текучести снизится на 0,96% от своего среднего значения. По региональным дирекциям этот показатель колеблется в пределах от (-1,43) в Восточно-Сибирской ДИ до (-0,71) в Свердловской ДИ.

Относительные отклонения наблюдаемых значений уровня текучести от расчетных представлены на рис. 4. Региональные дирекции здесь также делятся на три категории:

1. Региональные дирекции, уровень текучести персонала в которых существенно выше расчетного (Забайкальская, Куй-

бышевская, Свердловская, Северо-Кавказская, Дальневосточная).

2. Региональные дирекции, уровень текучести персонала в которых сопоставим с расчетным значением (Южно-Уральская, Горьковская, Калининградская, Приволжская, Западно-Сибирская, Восточно-Сибирская, Юго-Восточная).

3. Региональные дирекции, уровень текучести персонала в которых существенно ниже расчетного (Красноярская, Октябрьская, Северная, Московская).

Если сравнить две предложенные классификации региональных дирекций (рис. 2, 4) по относительной величине отклонений, то можно заметить следующее. Состав дирекций, входящих в первую группу с высоким уровнем отклонения, превосходящим расчетные, вообще не изменился. Меняется лишь их порядок (они расположены в порядке убывания погрешности). Вторая и третья группы претерпели большие изменения. Но на самом деле, анализируя показатели по дирекциям, вошедшим во вторую и третью группы, можно сделать вывод, что существенны отличия отклонений только по Московской дирекции, которая перешла из второй группы в третью. Восточно-Сибирская и Юго-Восточная дирекции, формально перейдя во вторую группу дирекций из третьей, изменили свою величину отклонений не столь существенно. К тому же их показатели во втором случае находятся очень близко к границе между второй и третьей группами. Все это может говорить о том, что результаты, полученные с помощью уравнения (2), подтверждают резуль-

таты уравнения (1), то есть надежность результатов повысилась.

Анализируя полученные отклонения, можно предположить, что в дирекциях, вошедших в первую группу, необходимо поддерживать темпы роста заработной платы, превосходящие темпы роста заработной платы по субъектам РФ, тяготеющим к данным дирекциям (возможно, за счет перераспределения ФОТ с дирекций третьей группы, где замедленный рост заработной платы не приведет к критическому росту текучести). В дирекциях второй группы желательно поддерживать существующие темпы роста.

## ВЫВОДЫ

Исследование зависимости уровня текучести персонала в Центральной дирекции инфраструктуры в разрезе региональных дирекций позволило получить следующие результаты.

Во-первых, удалось найти два фактора, оказывающих существенное влияние (подтвержденное эконометрическими методами) на текучесть персонала. С учетом того, что связь текучести с выбранными факторами средней силы, можно предположить, что существуют и другие факторы, существенно влияющие на текучесть персонала. Это могут быть как макроэкономические параметры, так и факторы внутренней среды ОАО «РЖД».

Во-вторых, территориальная структура региональных дирекций весьма неоднородна, в т.ч. по показателям заработной платы. Некоторые дирекции включают в себя несколько значительно отличающихся друг от друга по конъюнктуре рынка труда субъектов РФ. Поэтому возникает предположение о проведении аналогичного исследования в разрезе субъектов Российской Федерации с возможной кластеризацией субъектов и, может быть, рассмотрения срезов по отдельным инфраструктурным хозяйствам и массовым рабочим профессиям.

Расширение рамок исследования преследует цель еще больше приблизить результаты анализа к потребностям практики. В частности, используя полученные

уравнения, можно выполнить количественную оценку затрат на снижение уровня текучести по дирекциям. Свой интерес представляет и оценка влияния уровня текучести на такие важные показатели, как производительность труда и безопасность движения поездов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Elizabeth Medina. Job Satisfaction and Employee Turnover Intention: What does Organizational Culture Have To Do With It? Columbia University, 2012. – 44 p.

2. Sajjad Ali Khan. The factors affecting employee turnover in an organization: The case of Overseas Pakistanis foundation. African Journal of Business Management. Vol. 8(1), pp. 25–34, January 2014. DOI: 10.5897/AJBM2013.2508.

3. Egan, T. M., Yang, B., Bartlett, K. R. The effects of organizational learning culture and job satisfaction on motivation to transfer learning and turnover intention. Human Resource Development Quarterly, 2004, 15 (3), pp. 279–301. DOI:10.1002/hrdq.1104.

4. Abelson, M. A. (1993). Turnover cultures. Research in Personnel and Human Resource/ Management, 11, pp. 339–376.

5. Turnover and Retention Research: A Glance at the Past, a Closer Review of the Present, and a Venture into the Future. Brooks Holtom, Terence R. Mitchell, Thomas W. Lee, Marion B. Eberly. The Academy of Management Annals. Vol. 2, No. 1, 2008, pp. 231–274.

6. Епишкин И. А. Управление человеческими ресурсами: Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2013. – 242 с.

7. Essays on employee turnover. Peterson, Jonathan R. Cornell University, ProQuest Dissertations Publishing, 2011, 147 p.

8. Толкачева М. М., Епишкин И. А. Экономика железнодорожного транспорта: Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2009. – 268 с.

9. Терёшина Н. П., Сорокина А. В. Повышение эффективности управления развитием корпорации на основе формализации стратегических инициатив // Транспортное дело России. – 2014. – № 1. – С. 78–80.

10. Фроловичев А. И. Оценка стоимости акций компании при проведении IPO // Транспортное дело России. – 2011. – № 12. – С. 142–147.

11. Епишкин И. А., Сихомиров А. Н., Фроловичев А. И. Применение экономико-математических методов при анализе показателей по труду и заработной плате на железнодорожном транспорте // Современные проблемы управления экономикой транспортного комплекса России: конкурентоспособность, инновации и экономической суверенитет: Сб. научных трудов. – М.: МИИТ, 2015. – С. 40–44.

12. Епишкин И. А. Современные научные подходы к оплате труда как важнейшему элементу управления человеческими ресурсами // Современные проблемы управления экономикой транспортного комплекса России: конкурентоспособность, инновации и экономической суверенитет: Сб. научных трудов. – М.: МИИТ, 2015. – С. 99–102.

13. Смагин И. И., Смагина В. И. Социальная адаптация населения: жизнь от кризиса к кризису // Саяпинские чтения: Сб. материалов «круглого стола». – Тамбов, 2016. – С. 222–231. ●

Координаты авторов: **Епишкин И. А.** – i.epishkin@myief.ru, **Фроловичев А. И.** – a.frolovichev@myief.ru.

Статья поступила в редакцию 05.04.2016, принята к публикации 15.08.2016.





## HOW TO MANAGE RAILWAY STAFF'S TURNOVER

*Epishkin, Ilya A., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

*Frolovichev, Alexander I., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

The authors describe the results of a study of the influence of external and corporate factors on the staff turnover level in the Central Directorate of Infrastructure – a branch of JSC Russian Railways in the context of regional directorates. Based on the

econometric tools, mathematical equations of the dependence of staff turnover on the factors identified were made, economic conclusions on the use of the dependencies found in human resources management were drawn, and the prospects for continuing research in this field were considered.

*Keywords:* railway, human resources, staff turnover, wages, turnover factors, turnover management.

**Background.** The task of efficient management of staff turnover is one of the classic tasks of management. A lot of research and publications are devoted to this problem [1–4]. Many companies, research organizations pay much attention to the search for tools and methods by which to influence the organization's most complex and significant group of resources – human resources [5].

It is well known that a high level of staff turnover leads to an increase in additional personnel costs [6]. Typical factors of cost growth associated with turnover are the following: the need to search for and select a new employee, his adaptation and training, the cost of special clothing and personal protective equipment [7]. At the same time, along with a skilled worker, his experience, the resources of the organization invested in him (in training, advance training skills, social security) go away.

**Objective.** The objective of the authors is to consider the problem of staff turnover in the railway sector.

**Methods.** The authors use general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach, analytical method, economic and mathematical analysis.

**Results.** Features of formation and use of labor resources of railway transport enhance the importance of economic losses from staff turnover in the industry. These features include a unique system of personnel training for the industry that objectively requires significant funds for the training of skilled workers, high requirements regarding the level of personnel due to traffic safety problems and the implementation of complex technological processes [8, 9].

It is difficult to manage what cannot be measured. Therefore, in order to find effective levers for influencing staff turnover, it is necessary to know the factors that cause it, and to try to quantify the influence of these factors using a modern economic and mathematical apparatus [10].

In previous studies [11, 12], some factors influencing the turnover of personnel in the Central Directorate of Infrastructure, a branch of JSC Russian Railways (hereinafter referred to as CDI), were identified. This is the most numerous functional division of the company (more than 300000 employees), carrying out functions of current maintenance and service of the railway infrastructure.

As a result of the research, it was found that the level of staff turnover in the context of regional infrastructure directorates (territorial subdivisions of the Central Infrastructure Directorate, hereinafter referred to as RDI) is significantly influenced by both the average monthly salary level for the regional

directorates and its ratio to the average monthly salary for the federal entities (regions) of the Russian Federation, gravitating to this regional directorate (according to 2014 [11]).

As the average salary for regions of the Russian Federation, gravitating toward RDI, the average salary was considered as the most characteristic for this RDI subject of the Russian Federation. More complete statistical data for 2012–2014 made it possible to clarify the results obtained earlier.

So, to assess the impact of salary on staff turnover in the Central Directorate of Infrastructure in the context of regional directorates, we take 2012–2014 years. We will operate with the following indicators and factors:

$T$  – resulting variable, the level of staff turnover by RDI, %;

$S_{DI}$  – average salary for regional directorates, rubles;

$S_{RF}$  – average salary for the subjects of the Russian Federation, which gravitate toward RDI, rubles;

$K = S_{DI}/S_{RF}$  – the ratio of the average salary for regional directorates to the average salary for the subjects of the Russian Federation that gravitate toward the RDI;

$U$  – unemployment rate for the subjects of the Russian Federation, which gravitate toward RDI, %.

Each of four proposed factors, in our opinion, affects to some extent the resulting variable – staff turnover.

To adjust a set of factors, we study their interrelationships with each other and the strength of their connection with the resulting variable. For this we use the possibilities of correlation-regression analysis. A detailed study is given only for the average values of the proposed indicators for three years (2012–2014). This will increase the reliability of the results, smoothing the random fluctuations in certain years, while fixing the stability of the interrelationships over time. On the other hand, let us note separately the dynamics of the interrelations between the indicators over time, which will allow us to determine the changes in the system over time.

The method of calculating the average value of each of the indicators for three years will be chosen based on their nature. The indicators  $T$ ,  $U$  and  $K$  as relative, will be averaged with the help of the geometric mean; the indicators for the average salary, as absolute, will be averaged with the help of the arithmetic mean.

The average values of the described indicators for the period from 2012 to 2014 are shown in Table 1.

As a tool for assessing the relationship between the indicators and the performance of specification

Table 1

**Average indices of staff turnover and assumed influencing factors in the context of regional infrastructure directorates for 2012–2014**

Regional directorates of infrastructure	Average level of staff turnover for 2012–2014 (T), %	Average salary for 2012–2014 for RDI ( $S_{DI}$ ), rubles	Average salary for the subjects of the Russian Federation gravitating towards RDI for 2012–2014 ( $S_{RF}$ ), rubles	Average unemployment rate for the subjects of the Russian Federation, which are gravitating toward RDI for 2012–2014 (U), %	Average ratio of average salary for RDI to the average salary for the subjects of the Russian Federation, gravitating towards RDI for 2012–2014 (K)
Kaliningrad	8,52	32 690	24 333	6,13	1,35
October	7,28	37 110	30 814	4,07	1,21
Moscow	7,88	40 995	32 813	3,55	1,25
Northern	7,45	36 765	27 754	5,53	1,33
Gorky	8,87	29 310	22 486	4,93	1,31
South-Eastern	8,31	26 767	21 161	4,53	1,27
North-Caucasian	11,12	26 791	21 863	6,81	1,23
Privolzhsky	9,32	27 766	20 952	6,03	1,33
Kuibyshev	11,60	26 821	22 121	4,49	1,22
Sverdlovsk	12,20	34 819	30 821	5,77	1,13
South-Ural	8,72	30 212	22 297	6,16	1,36
West-Siberian	9,42	32 485	23 856	6,40	1,36
Krasnoyarsk	5,84	40 092	30 274	5,64	1,33
East-Siberian	6,42	44 847	27 977	8,31	1,60
Zabaikalsky	9,90	41 075	28 045	8,62	1,47
Far Eastern	8,12	47 623	30 015	6,66	1,58
Average	8,81	34 761	26 099	5,85	1,33
Variation coefficient	0,194	0,188	0,152	0,23	0,094

Table 2

**The matrix of paired correlation coefficients between the studied indicators (in the context of RDI)**

	T	$S_{DI}$	$S_{RF}$	U	K
T	1	-0,529	-0,358	0,043	-0,465
$S_{DI}$	-0,529	1	0,835	0,332	0,632
$S_{RF}$	-0,358	0,835	1	-0,060	0,104
U	0,043	0,332	-0,060	1	0,696
K	-0,465	0,632	0,104	0,696	1

of the regression model, the matrix of pair correlation coefficients given in Table 2 was used.

Elements of the matrix are paired correlation coefficients, reflecting the tightness and direction of the relationship between the relevant indicators. Here and below, the significance level, on which all statistical hypotheses will be checked, is assumed equal to 5%.

For the selected level of significance with a sample size of 16 (in terms of the number of regional directorates), the critical value of the correlation coefficient is 0,497. That is, all correlation coefficients that exceed the given value by a modulus will be considered statistically significant (substantially different from zero) according to the Student's criterion, which tests the hypothesis of the significance of the correlation coefficient.

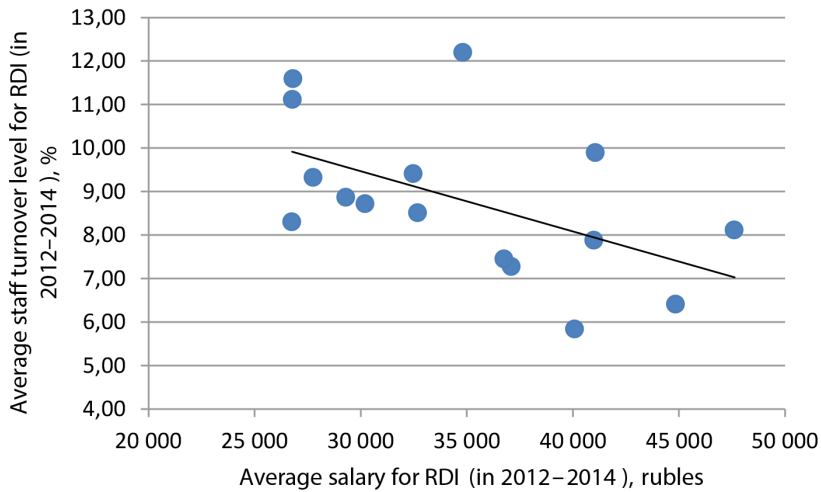
Therefore, we can argue that the staff turnover in the presented section is significantly affected only by the level of average salary for regional directorates ( $r_{TS_{DI}} = -0,529$ ) where the connection is reverse, that is, the

higher is the average salary in the directorate, the lower is the staff turnover. The established connection is fairly stable over time (in 2012,  $r_{TS_{DI}} = -0,440$ , in 2013  $r_{TS_{DI}} = -0,554$ , in 2014  $r_{TS_{DI}} = -0,523$ ), which means that the selected factor can be included in the regression model.

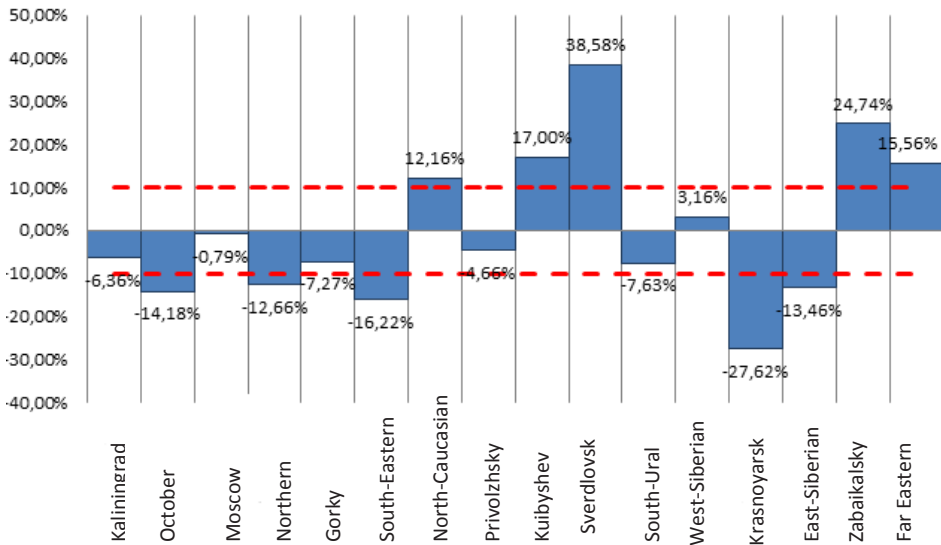
Let's consider the exponent K. Its influence on the turnover is slightly weaker ( $r_{TK} = -0,465$ , it becomes significant already at 6%). Over time, it also varies insignificantly, with a marked increase in its impact: in 2012,  $r_{TK} = -0,383$ , in 2013  $r_{TK} = -0,424$ , in 2014  $r_{TK} = -0,481$ . The nature of the connection is again reverse, that is, the greater is the ratio of the average salary in the regional directorate to the average salary in the subjects of the Russian Federation, gravitating toward RDI, the lower is the staff turnover in the directorate. We will consider this hypothesis to be justified.

The similar conclusions were obtained in the study, made earlier, which results were published in





**Pic. 1. Dependence of the level of turnover  $T$  (in%) on the average salary  $S_{Di}$  (in rubles) for RDI (average for 2012–2014).**



**Pic. 2. Relative deviations of the observed values of staff turnover from the calculated ones obtained with the help of equation (1).**

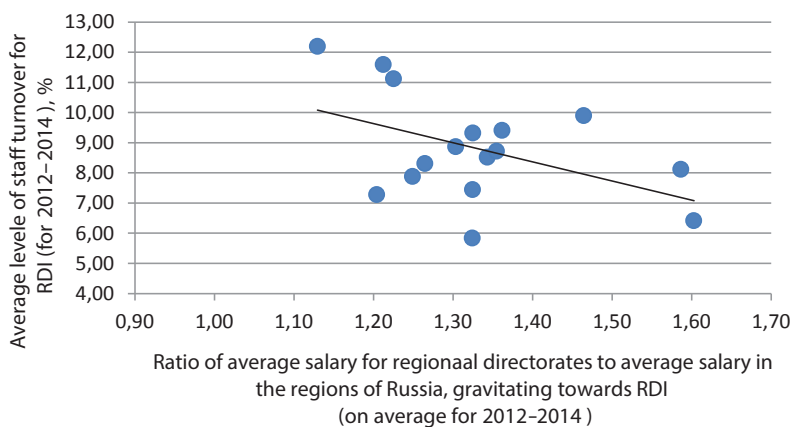
the article «Application of economic-mathematical methods in the analysis of indicators on labor and wages in railway transport» [11]. However, the data for 2014 were used there, and a different method for determining the average salary for the regions of the Russian Federation was chosen, which led to the exclusion from the sample of three regional directorates that did not correspond to the general trend in studying the connection of turnover with the exponent  $K$ .

It should be noted that two factors  $K$  and  $S_{Di}$  considered are related to each other much more strongly than with the index of turnover ( $r_{KS_{Di}} = 0.632$ ). This suggests that their joint use in one equation is undesirable. But, using them as factors, it is possible to construct two independent equations of pair regression.

Let's consider two remaining factors:  $S_{RF}$  and  $U$ . Of course, the indicator of the average salary in the regions of the Russian Federation gravitating toward

RDI had to be included in the initial set, as its value is a guide for adjusting the level of salary for regional directorates in a specific region of the Russian Federation. From the correlation matrix presented above, we see that the connection between salary in the regions of the Russian Federation, gravitating towards RDI with staff turnover is rather weak ( $r_{TS_{RF}} = -0.358$ ). In addition,  $S_{RF}$  indicator is very closely related to the indicator of the average salary for RDI ( $r_{S_{Di}S_{RF}} = 0.835$ ) and, in fact, is the «doubler» of the latter, and is substantially inferior to the strength of the effect on turnover. In this regard, we exclude the indicator of the average salary in the regions of the Russian Federation, which are gravitating towards the RDI, from consideration in this section.

The last indicator is unemployment rate  $U$ . Undoubtedly, its influence on the turnover index was initially doubtful, which was confirmed by calculations ( $r_{TU} = 0.043$ , the correlation coefficient is statistically insignificant). This value of the



**Pic. 3. Dependence of the level of turnover  $T$  (in%) on the ratio of the average salary for regional directorates to the average salary in the subjects of the Russian Federation gravitating towards the RDI (on average for 2012–2014).**

correlation coefficient indicates a practically complete lack of connection between the selected indicators. Such a value of correlation coefficient means an almost full absence of the connection between selected indicators. But if we consider this relationship in the dynamics for three years, we get the following results: in 2012,  $r_{TU} = 0.093$ , in 2013  $r_{TU} = 0.008$ , in 2014  $r_{TU} = -0.136$ . When choosing the hypothesis of the study, it was assumed that two of the indicators have reverse connection, which is shown in data for 2014. In this connection, the information for 2015, which at the time of writing the article was not yet formed, will be of great interest. There are grounds to assert that, on the wave of the crisis, the inverse relationship between the level of unemployment in the regions and the level of turnover in the regional directorates of JSC Russian Railways will increase [13]. Thus, at the moment, use of the unemployment rate as a factor affecting the turnover of personnel in JSC Russian Railways, is inappropriate. However, the level of unemployment should not be ruled out from further research.

Note that the study of staff turnover was not limited to this set of factors. In particular, the growth rates of salaries, indices of change in turnover and other factors were considered. But, firstly, such indicators make it difficult to interpret the results and, accordingly, the application of future models. Secondly, many of the analyzed factors do not have a significant impact on the staff turnover level.

The assumption that salary indicators affect the turnover with a time lag was not confirmed. When revealing the relationship between the level of turnover in 2014 and the salary indicators 2013, there was no significant improvement in the quality of connection.

Summarizing the results of the correlation analysis, we can conclude that, in the context of regional directorates, only two salary indicators deserve further attention so far: the average salary for RDI  $S_{DI}$  and the ratio  $K$  of the average salary for regional directorates to the average salary in the regions of the Russian Federation that gravitate toward RDI.

The regression analysis that follows is as follows. Two independent equations of pair regression were constructed, where two selected salary indicators act as the factors, and as a result variable is staff turnover level  $T$  was chosen. In connection with a small number

of regional directorates, it was not possible to construct one model containing two factors.

For a visual assessment of the relationship between the average salary indicator for regional directorates and the turnover of personnel, we pay attention to the correlation field (Pic. 1).

The form of the correlation field allows us to conclude that the relationship between the selected indicators is linear, which is confirmed by the coefficient of pair correlation. We construct an equation describing the chosen dependence. It has the form:

$$T = 13,63 - 0,00014 \cdot S_{DI}. \quad (1)$$

It should be noted that at a significance level of 5% this equation (according to Fisher's  $F$ -criterion) and each of its parameters (according to the  $t$ -criterion of Student) are recognized as statistically significant, the average relative error of approximation is 14%. This suggests the possibility of using the equation to predict the level of staff turnover when the average salary changes. In particular, the coefficient of determination is 0.28. This suggests that 28% of the variation in turnover is due to average salary.

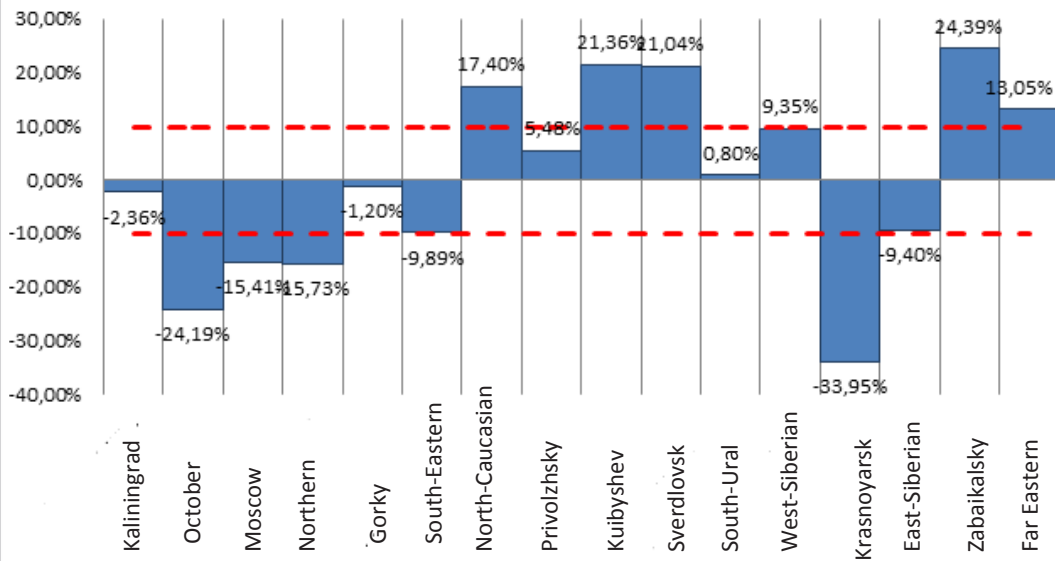
From the resulting equation it follows that an increase in the average salary for RDI by 1000 rubles will lead to a decrease in the level of turnover on the directorate by an average of 0.14 points. Since the average level of turnover for RDI for 2012–2014 was 8.81%, the use of equation (1) allows us to conclude that to achieve a turnover level of 8%, it is necessary to increase the average salary by 5856 rubles.

The average coefficient of elasticity of the level of turnover relative to the average salary for RDI is (-0.55). This suggests that, with an average salary increase by 1% (348 rubles) on average on the aggregate the turnover level will decrease by 0.55% of its average value or by 0.048 points. For regional directorates, this indicator ranges from (-0.93) in the Far Eastern DI to (-0.37) in the Southeastern and North-Caucasian DI.

Of particular interest are the relative deviations of the observed values of the turnover level from the calculated ones (Pic. 2). In accordance with this criterion, regional directorates can be divided into three categories:

1. Regional directorates, the level of staff turnover in which is significantly higher than the estimated (Sverdlovsk, Zabaikalsky, Kuibyshev, Far Eastern, North Caucasian).





**Pic. 4. Relative deviations of the observed values of turnover from the calculated values obtained with the aid of equation (2).**

2. Regional directorates, the level of staff turnover in which is comparable to the calculated value (Moscow, West Siberian, Privolzhsky, Kaliningrad, Gorky, South Ural).

3. Regional directorates, the level of staff turnover in which is significantly lower than the estimated (Krasnoyarsk, South-Eastern, October, East-Siberian, Northern).

In accordance with the above classification, it is possible to develop some recommendations for the next year. To optimize the level of turnover in the regional directorates of the first group, it is necessary to achieve a greater increase in salary, possibly due to its smaller increase in the regional directorates of the third group. In addition, the revealed deviations signal an increased role in these regions of other factors, which in one case significantly increase turnover, while in another, on the contrary, contribute to a significant decrease in it.

Similarly, the assessment of dependence of the level of turnover on the ratio of the average salary for regional directorates to the average salary in the regions of the Russian Federation gravitating towards the RDI was made. Again, we start with the correlation field (Pic. 3).

The picture shows quite contradictory trends within the sample, its heterogeneity, which will certainly worsen the quality of the obtained equation. But we cannot refuse to use the chosen factor, since there is reason to assume that within the regional directorates the situation is also very heterogeneous and a more detailed analysis is needed in the context of the regions of the Russian Federation.

The equation describing the relation under consideration has the form:

$$\hat{T} = 17,234 - 6,33 \cdot K. \quad (2)$$

The resulting equation is inferior in quality to equation (1). But at a significance level of 10%, the parameters of the equation and the equation (2) as a whole can be considered significant, as evidenced by Fisher's F-criterion and Student's

criterion. The coefficient of determination here is 0.22. Thus, 22% of the variation in the level of turnover is due to the ratio of the average salary for RDI to the average salary in the regions of the Russian Federation gravitating towards the RDI.

Below there are some practical conclusions that follow from the equation (2).

The increase in the ratio of the average salary for RDI to the average salary in the regions of the Russian Federation, gravitating towards RDI by 0,1% leads to a decrease in the level of turnover by an average of 0.63 points. Thus, to achieve a level of turnover of 8%, it is necessary to increase the ratio of the average salary for RDI to the average salary for the regions of the Russian Federation that are gravitating towards RDI by 0.13.

The average coefficient of elasticity of the level of turnover relative to the ratio of the average salary for regional directorates to the average salary for the regions of the Russian Federation gravitating towards RDI is (-0.96). This suggests that with a similar increase by 1% on average, the turnover level will decrease by 0.96% of its average value. For the regional directorates, this indicator ranges from (-1.43) in the East Siberian DI to (-0.71) in the Sverdlovsk DI.

The relative deviations of the observed values of the turnover level from the calculated ones are shown in Pic. 4. Regional directorates are also divided into three categories:

1. Regional directorates, the level of staff turnover in which is much higher than the estimated (Zabaikalsky, Kuibyshev, Sverdlovsk, North-Caucasian, Far Eastern).

2. Regional directorates, the level of turnover of personnel in which is comparable to the calculated value (South Ural, Gorky, Kaliningrad, Privolzhsky, West Siberian, East Siberian, South-Eastern).

3. Regional directorates, the level of staff turnover in which is much lower than the estimated (Krasnoyarsk, October, Northern, Moscow).

If we compare two proposed classifications of regional directorates (Pic. 2, 4) by the relative magnitude of the deviations, then we can observe the

following. The composition of the directorates included in the first group with a high level of deviation exceeding the calculated ones did not change at all. Only their ranking changes (they are arranged in error decreasing order). The second and third groups underwent big changes. But in fact, analyzing the figures for the directorates included in the second and third groups, we can conclude that the deviations differ only in the Moscow direction, which moved from the second group to the third one. The East-Siberian and South-Eastern Directorates, having formally switched to the second group of directorates from the third, changed their deviation not so significantly. In addition, their indicators in the second case are very close to the boundary between the second and third groups. All this can say that the results obtained with the help of equation (2) confirm the results of equation (1), that is, the reliability of the results has increased.

Analyzing the deviations obtained, it can be assumed that in the directorates included in the first group, it is necessary to maintain salary growth rates that exceed the growth rates of salaries for regions of the Russian Federation that gravitate toward these directorates (possibly due to the redistribution of salary mass from the directorates of the third group, where the slow salary growth will not lead to a critical increase in turnover). In the directorates of the second group it is desirable to maintain the existing growth rates.

**Conclusions.** The study of the dependence of the staff turnover level in the Central Directorate of Infrastructure in the context of regional directorates allowed to obtain the following results.

First, it was possible to find two factors that exert a significant influence (confirmed by econometric methods) on staff turnover. Given that the relationship of turnover with selected factors of average strength, it can be assumed that there are other factors that significantly affect the turnover of staff. This can be both macroeconomic parameters and factors of the internal environment of JSC Russian Railways.

Secondly, the territorial structure of the regional directorates is very heterogeneous, incl. on indicators of salary. Some directorates include several significantly different from each other in the state of the labor market regions of the Russian Federation. Therefore, there is an assumption that a similar study is conducted in the context of the regions of the Russian Federation with the possible clusterization of regions and, perhaps, consideration of sections for individual infrastructure farms and mass working professions.

The expansion of the research framework aims to further bring the results of the analysis closer to the needs of practice. In particular, using the equations obtained, it is possible to perform a quantitative assessment of the costs of reducing the level of turnover for the directives. It is also of interest to assess the influence of the level of turnover on such important indicators as labor productivity and safety of train traffic.

## REFERENCES

1. Medina, Elizabeth. Job Satisfaction and Employee Turnover Intention: What does Organizational Culture Have To Do With It? Columbia University, 2012, 44 p.
2. Ali Khan, Sajjad. The factors affecting employee turnover in an organization: The case of Overseas Pakistanis foundation. *African Journal of Business Management*, January 2014, Vol. 8(1), pp. 25–34.
3. Egan, T. M., Yang, B., & Bartlett, K. R. (2004). The effects of organizational learning culture and job satisfaction on motivation to transfer learning and turnover intention. *Human Resource Development Quarterly*, 15(3), pp. 279–301.
4. Abelson, M. A. (1993). Turnover cultures. Research in Personnel and Human Resource/ Management, 11, pp. 339–376.
5. Turnover and Retention Research: A Glance at the Past, a Closer Review of the Present, and a Venture into the Future. Brooks c. Holtom, Terence R. Mitchell, Thomas W. Lee, Marion B. Eberly. The Academy of Management Annals. Vol. 2, No. 1, 2008, pp. 231–274.
6. Epishkin, I. A. Human Resources management: educational guide [Upravlenie chelovecheskimi resursami: Ucheb. posobie]. Moscow, MIIT publ., 2013, 242 p.
7. Essays on employee turnover. Peterson, Jonathan R. Cornell University, ProQuest Dissertations Publishing, 2011, 147 pages; 3484826.
8. Tolkacheva, M. M., Epishkin, I. A. The Economics of Railway Transport: educational guide [Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta: Ucheb. posobie]. Moscow, MIIT publ., 2009, 268 p.
9. Tereshina, N. P., Sorokina, A. V. Increase of efficiency of corporation development management on the basis of formalization of strategic initiatives [Povyshenie effektivnosti upravleniya razvitiem korporacii na osnove formalizacii strategicheskikh iniciativ]. *Transportnoe delo Rossii*, 2014, Iss. 1, pp. 78–80.
10. Frolovichev, A. I. Valuation of the company's shares during IPO [Ocenka stoimosti akcij kompanii pri provedenii IPO]. *Transportnoe delo Rossii*, 2011, Iss. 12, pp. 142–147.
11. Epishkin, I. A., Tikhomirov, A. N., Frolovichev, A. I. Application of economic-mathematical methods in the analysis of indicators on labor and wages in railway transport [Primenenie ekonomiko-matematicheskikh metodov pri analize pokazatelej po trudu i zarabotnoj plate na zheleznodorozhnom transporte]. *Modern problems of managing the economy of the transport complex in Russia: competitiveness, innovation and economic sovereignty: collection of scientific works*. Moscow, MIIT publ., 2015, pp. 40–44.
12. Epishkin, I. A. Modern scientific approaches to labor remuneration as the most important element of human resources management [Sovremennye nauchnye podhody k oplate truda kak vazhnejshemu jelementu upravleniya chelovecheskimi resursami]. *Modern problems of managing the economy of the Russian transport sector: competitiveness, innovation and economic sovereignty: collection of scientific works*. Moscow, MIIT publ., 2015, pp. 99–102.
13. Smagin, I. I., Smagina, V. I. Social adaptation of the population: life from crisis to crisis [Social'naja adaptacija naselenija: zhizn' ot krizisa k krizisu]. Sayapin's readings: collection of materials of the «round table». Tambov, 2016, pp. 222–231. ●

Information about the authors:

**Epishkin, Ilya A.** – Ph.D. (Economics), associate professor, Head of the Department of Labor Economics and Human Resources Management of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, i.epishkin@myief.ru.

**Frolovichev, Alexander I.** – senior teacher of the Mathematics department of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, a.frolovichev@myief.ru.

Article received 05.04.2016, accepted 15.08.2016.

