

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОСФЕРЕ

Методические указания для выполнения расчетно-графических заданий

Составитель **О.Г. Князева**

Травматизм – совокупность травм, возникших в определенной группе населения за определенный отрезок времени. Производственная травма – травма, полученная работником на производстве и вызванная несоблюдением требований охраны труда.

Состояние травматизма на производстве является важным показателем охраны труда на предприятии.

Различают 2 основных метода анализа травматизма: ретроспективный и прогностический.

Ретроспективные методы (статистический, топографический, экономический) требуют накопления данных о несчастных случаях. В этом и кроется один из главных недостатков.

Прогностические методы позволяют изучать опасность на основе логико-вероятностного анализа, правил техники безопасности, мнений экспертов, специальных экспериментов (монографический).

Целью РГЗ является ретроспективный анализ производственного травматизма в N-м филиале ОАО «РЖД» по статистическим данным.

При выполнении работы были поставлены следующие задачи:

1. Провести ретроспективный анализ риска травматизма на предприятии за 2011 год, рассчитать основные показатели, выделить группы риска, определить индивидуальный риск. Провести краткосрочное прогнозирование риска травматизма по линиям тренда.
2. Для созданного в 2011 г. подразделения «Х» предприятия численностью 10 человек рассчитать прогнозируемый уровень индивидуального риска для каждого сотрудника с применением модифицированного вероятностного метода Байеса.
3. Провести ранжирование персонала вновь созданного подразделения «Х» и выделить группы риска.

4. Предложить комплекс мероприятий по профилактике травматизма для всего персонала подразделения «Х» и выявленных групп риска.

Исходные данные

Таблица 1

Группа факторов	Общее количество работников данной группы
Общее кол-во работников	11779
Пол	
Мужчины	6785
Женщины	4994
Возраст	
До 25 лет	2341
25–35 лет	3564
35–45 лет	2555
45 – 55 лет	2453
Более 55 лет	866
Стаж	
До 5 лет	2543
5–10 лет	3211
10–15 лет	2564
15–20 лет	1653
20–25 лет	997
25–30 лет	544
Свыше 30 лет	267

Таблица 2

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	R _{ср.}
P	14278	13566	13223	13579	13423	12273	11628	11779	11344	11857	126950
N	18	17	13	14	12	9	13	12	12	13	133
K _ч	1,2606	1,2531	0,9831	1,0310	0,8939	0,7333	1,1179	1,0187	1,0578	1,0963	1,04

Таблица 3

№	Должность пострадавшего	Стаж	Возраст	Пол	Исход
1	Плотник	7 л.	38	Мужской	Выздоровел
2	Монтер пути	5 л.	35	Мужской	Выздоровел
3	Составитель поездов	9 л.	47	Мужской	Инвалид 2 гр.

4	Составитель поездов	6 м.	28	Мужской	Смертельный
5	Товарный кассир	8 л. 11 м.	48	Женский	Выздоровел
6	Плотник	10 л.	51	Мужской	Выздоровел
7	Электромеханик	6 л.	42	Мужской	Смертельный
8	Помощник машиниста	2 г.	37	Мужской	Смертельный
9	Слесарь по ремонту подвижного состава	3 г.	29	Мужской	Выздоровел
10	Станочник	6 л. 5 м.	36	Мужской	Смертельный
11	Монтер пути	10 л.	40	Мужской	Выздоровел
12	Монтер пути	8 л.	38	Мужской	Выздоровел

Таблица 4

Должность	Кол-во работников данной профессии в 2010 году
Машинист тепловоза, пом. машиниста тепловоза	389
Слесарь – ремонтник, слесарь подвижного состава	128
Составитель поездов	95
Монтер пути	188
Водитель автомобиля	74
Электромонтер	110
Бригадир пути	98
Проводник	130
Станочник	48
Машинист котельной	22
Оператор сортировочной горки	48
Тракторист	9
Дежурный по станции	17
Обходчик пути	55
Газоэлектросварщик	33
Мастер участка производства	35
Штукатур – маляр	15
Помощник машиниста крана	22
Плотник	16
Станционный работник (дворник)	11
Прессовщик	16
Пекарь	4
Оператор – дефектоскопист	32
Зам. начальника дистанции	13
Электромеханик связи	165
Приемосдатчик	52

Водитель дрезины	8
Машинист экскаватора	8
Пакетировщик	4
Уборщик	56
Дорожный мастер	69
Оператор СТЦ	58
Товарный кассир	11
Электромеханик района эл/снабжения	48

1. Динамика травматизма.

Сведения о количестве травм на производстве в 2010 г. приведены в таблице 1. Эти сведения содержат информацию о поле пострадавшего, его возрасте и стаже работы. Кроме того, для расчетов необходимы данные об исходе несчастного случая.

Таким образом, в 2010 г. зарегистрировано 12 несчастных случаев, в том числе 4 смертельных, 1 пострадавший получил инвалидность 2-ой группы.

Общая численность персонала N-го филиала ОАО «РЖД» в 2010 г. составляла 11779 человек.

Коэффициент частоты травматизма в 2001 г. составил:

$$Kч = 12/11799 * 1000 = 1,01$$

Коэффициент частоты несчастных случаев со смертельным исходом КСМ:

$$= 4/11779 * 1000 = 0,33$$

Таким образом, в 2010 г. на тысячу работников ОАО РЖД, приходилось чуть более одного несчастного случая.

Проведем ретроспективный анализ травматизма.

1.1 Группы риска персонала по полу

Для анализа травматизма по признаку пола необходимы сведения о количестве травм, произошедших с представителями обоих полов на предприятии и общая численность мужчин и женщин, работающих на предприятии.

Как следует из таблицы 1, больше половины работников в 2010 году составляли мужчины.

Данные таблицы 3 говорят о том, что в 2010 г. 11 несчастных случаев произошли с работниками-мужчинами, и всего 1 случай с женщиной

Просчитаем риск травматизма по половому фактору.

Таблица 5. Риск травматизму по полу

№	Пол	Кол-во несчастных случаев	Кол-во человек N_i	$R_{пол}=(n_{пол}/N_{пол})\cdot 1000$	$N_{iотн}=N_i/N_{\Sigma}$
1	Мужчины	11	6785	1,62	0,57
2	Женщины	1	4994	0,2	0,42
Σ		12	11779	1,82	0,99

Средневзвешенный риск – это контрольная проверка результата, т.к. по определению он (средневзвешенный риск) должен быть равен общему риску травматизма за исследуемый год.

Средневзвешенный риск равен:

$$R_{ср.взв.} = \sum R_i \cdot N_{iотн}, \text{ где}$$

$N_{iотн}$ – доля людей в группе по отношению ко всей численности персонала.

Средневзвешенный риск равен общему риску травматизма за исследуемый год, значит, расчеты выполнены верно.

$$R_{ср.взв.} = 1,62 \cdot 0,57 + 0,2 \cdot 0,42 = 1,01$$

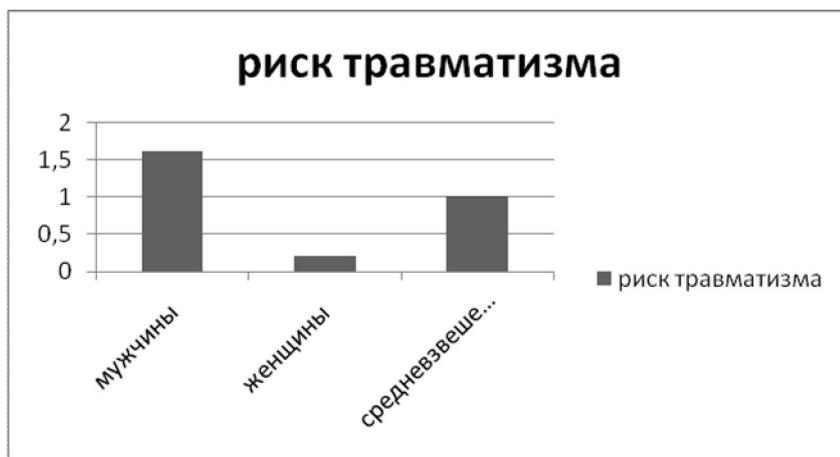


Рисунок 1. Риск травматизма по полу

Из рисунка 1 мы видим, что мужской травматизм в 2010 был выше, чем средневзвешенный. Следовательно, мужской пол является фактором риска на производстве.

1.2 Группы риска персонала по возрасту

По данным таблицы 3 мы видим, что большая часть работников в 2010 г. имела возраст от 25 до 35 лет, в возрастных интервалах до 25 лет, 35–45 и 45–55 лет было примерно поровну. Наименьшее количество работников имели возраст старше 55 лет.

Наибольшую долю работников ОАО «РЖД», получивших травмы в 2011 г., составляют люди в возрасте 35–45 лет. Меньшее количество – среди лиц в возрасте 25–35 лет. Среди лиц до 25 лет и после 55 лет травм не было.

Результаты расчета риска травматизма для каждой возрастной группы представлены в таблице 5.

Таблица 6 – Риск травматизма по возрасту

№	Возраст	Кол-во несчастных случаев(n_i)	Кол-во человек N_i	$R_{\text{возр}} = (n_{\text{возр}}/N_{\text{возр}}) \cdot 1000$	$N_{\text{иотн}} = N_i/N_{\Sigma}$
1	До 25 лет	0	2341	0	0,19
2	25–35 лет	2	3564	0,56	0,30

3	35–45 лет	7	2555	2,73	0,21
4	45 – 55 лет	3	2453	1,22	0,20
5	Выше 55	0	866	0	0,07
Σ		12	11779	4,51	0,97

$$R_{\text{ср.взв.}}=1,01$$

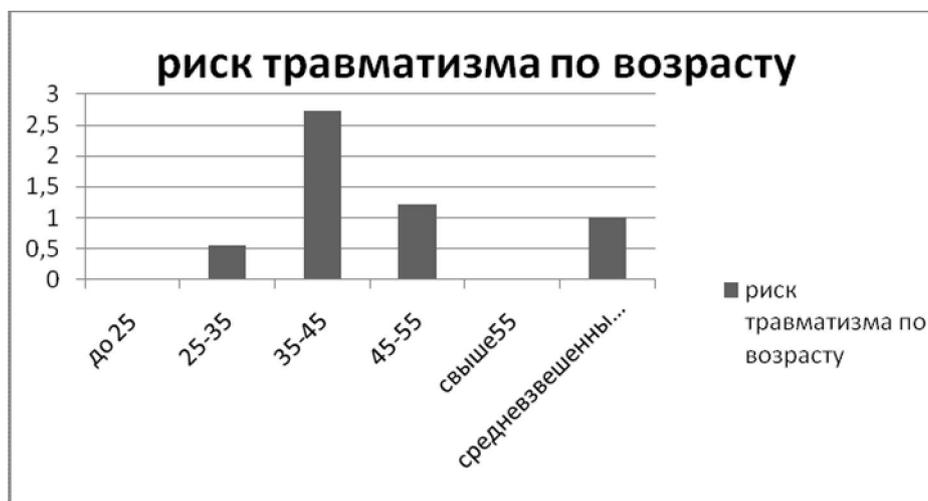


Рисунок 2. Риск травматизма персонала по возрасту.

Из рисунка 2 мы видим, что риск травматизма у группы 35–45 очень высок, в сравнение с средневзвешенным. Следовательно, эту группу можно считать фактором риска на производстве.

1.3 Группы риска персонала по стажу

По данным таблицы 3 мы видим, что большая часть работников в 2010 г. имела стаж 5 -10 лет. Наименьшее количество работников имели стаж свыше 30 лет.

Наибольшую долю работников ОАО «РЖД», получивших травмы в 2010 г., составляют люди со стажем 5–10 лет (8 случаев) и группы со стажем

до 5 лет, 10–15 лет – по 2 случая травмирования. В остальных группах травм не наблюдалось.

Таблица 7 – группы риска персонала по стажу

№	Стаж	Кол-во несчастных случаев(n_i)	Кол-во чел.- век N_i	$R_{\text{возр}}=(n_{\text{возр}}/N_{\text{возр}})\cdot 1000$	$N_{\text{יות}}=N_i/N_{\Sigma}$
1	До 5 лет	2	2543	0,78	0,21
2	5–10	8	3211	2,49	0,27
3	10–15	2	2564	0,78	0,21
4	15–20	0	1653	0	0,14
5	20–25	0	997	0	0,08
6	25–30	0	544	0	0,04
7	Свыше 30	0	267	0	0,02
Σ			11779	4,05	0,97

$$R_{\text{ср.взв.}}=1,01$$

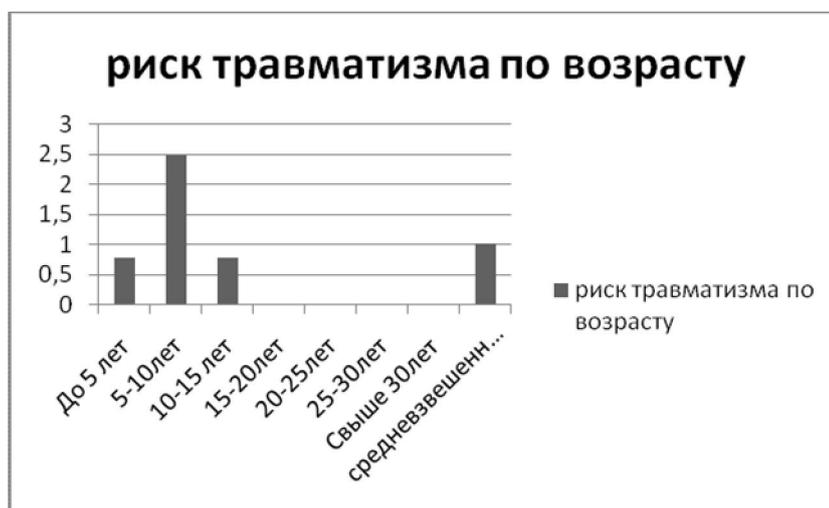


Рисунок 3. Риск травматизма по возрасту

Из рисунка 3 мы видим, что в группе со стажем 5–10 лет, риск травматизма очень высок, следовательно, эта группа является фактором риска травматизма на производстве.

1.4 Группы риска персонала по профессии.

Рассмотрим риск травматизма по профессии. Наибольшее количество людей получивших травму работали в должности монтер пути (3 случая), в должности плотник и составитель поездов по 2 случая травматизма. У остальных по одному случаю.

Таблица 8. Риск персонала по профессии

№	Должность	Кол-во несчастных случаев(n_i)	Кол-во человек N_i	$R_{\text{возр}}=(n_{\text{возр}}/N_{\text{возр}})\cdot 1000$	$N_{\text{югн}}=N_i/N_{\Sigma}$
1	Плотник	2	16	125	0,001
2	Монтер пути	3	188	15,95	0,015
3	Составитель поездов	2	95	21,05	0,008
4	Товарный кассир	1	11	90,9	0,0009
5	Электромонтер	1	110	9,09	0,009
6	Помощник машиниста	1	389	2,57	0,033
7	Слесарь подвижного состава	1	128	7,81	0,01
8	Станочник	1	48	20,8	0,004
Σ		12	11779	293,17	0,0809

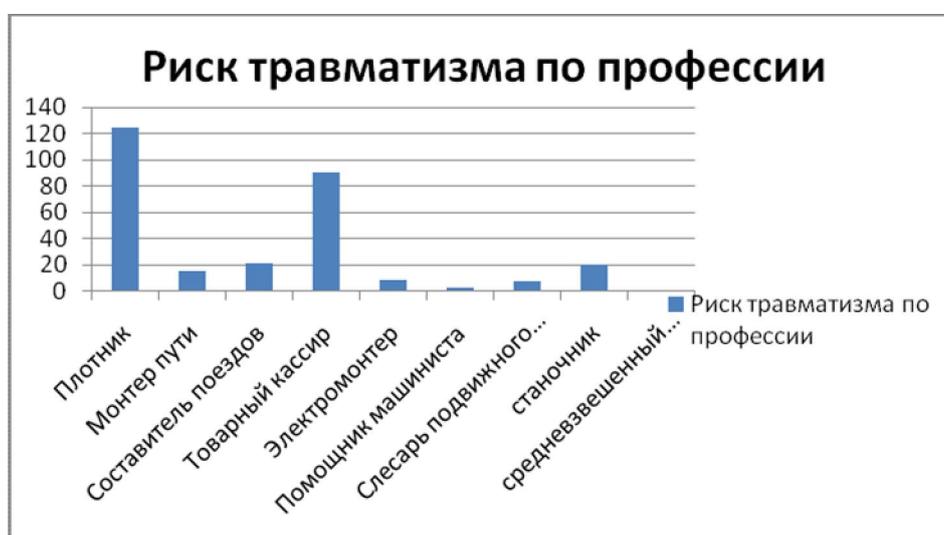


Рисунок 4. Риск травматизма персонала по профессии.

Из рисунка 4 мы можем сделать вывод, что группа персонала, которая занимает должность плотник и товарный кассир – это наиболее подверженные травматизму группы.

1.5 Индивидуальный риск

Индивидуальный риск работника можно просчитать суммированием всех групп рисков, к которым работник относится.

$$R_n = R_{\text{пол}} + R_{\text{стаж}} + R_{\text{возр}} + R_{\text{профес}}$$

Таблица 9-индивидуальный риск

№	Должность	Стаж	Возраст	Пол	Rn
1	Плотник	7 л.	38	М	131,84
2	Монтер пути	5 л.	35	М	22,79
3	Составитель поездов	9 л.	47	М	26,38
4	Составитель поездов	6 м.	28	М	25,72
5	Товарный кассир	8 л. 11 м.	48	Ж	94,81
6	Плотник	10 л.	51	М	128,62
7	Электромеханик	6 л.	42	М	15,93
8	Помощник машиниста	2 г.	37	М	7,7
9	Слесарь по ремонту подвижного состава	3 г.	29	М	10,77
10	Станочник	6 л. 5 м.	36	М	27,64
11	Монтер пути	10 л.	40	М	21,08
12	Монтер пути	8 л.	38	М	21,17

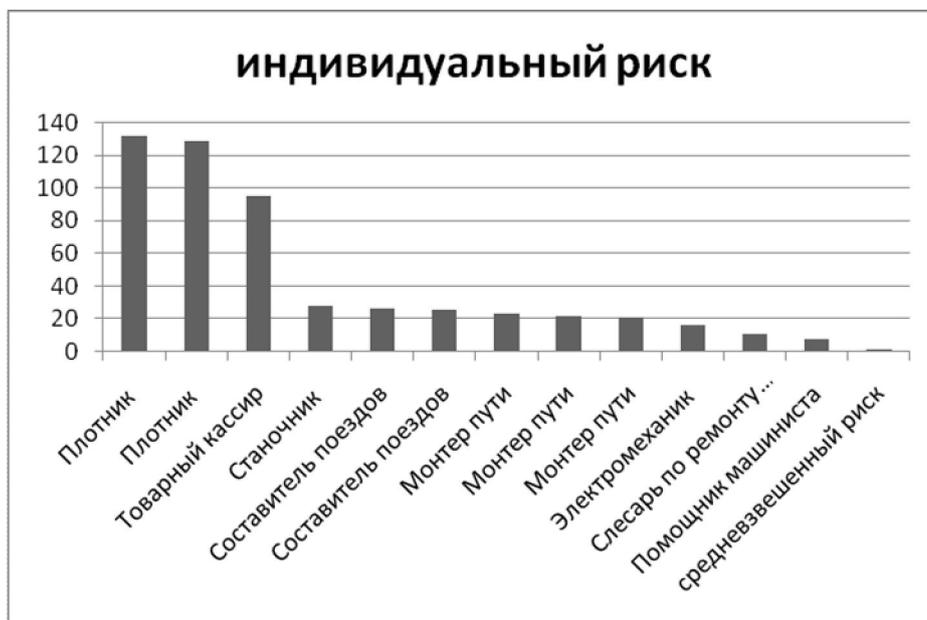


Рисунок 5. Индивидуальный риск

Из рисунка 5 видно, что уровень травматизма у данной группы профессий гораздо выше, чем средневзвешенный. Следовательно, необходимо срочно принять меры и провести мероприятия (стр.) для уменьшения риска травмирования для персонала этой группы.

1.6 Краткосрочное прогнозирование риска травматизма по линиям тренда.

Тренд (от англ. Trend – тенденция) – общая тенденция при разнонаправленном движении, выраженная общая направленность изменений показателей любого временного ряда.

Используя регрессионный анализ, можно продлить линию тренда в диаграмме за пределы реальных данных для предсказания будущих значений.

По данным таблицы 4 начертим линию тренда.

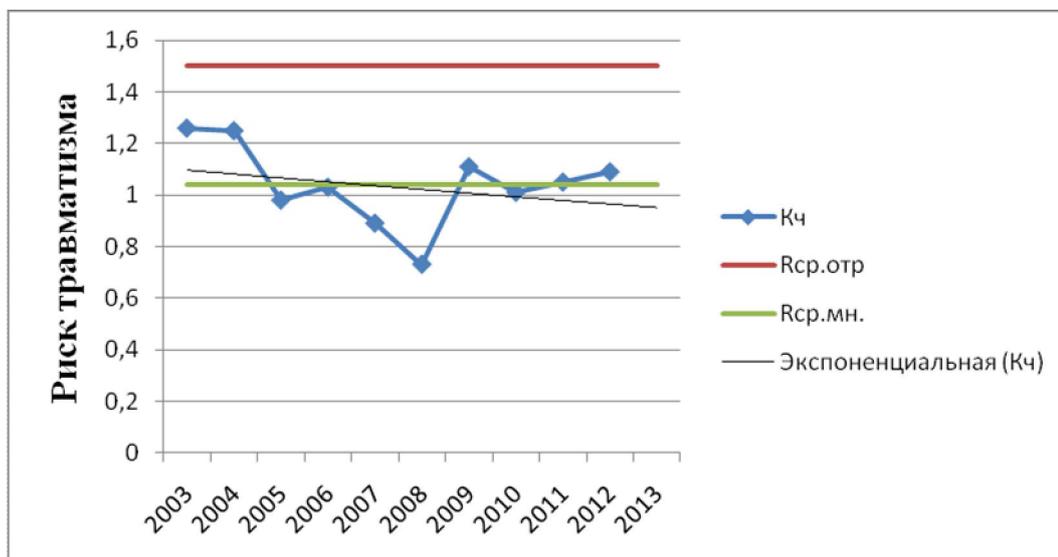


Рисунок 6. Линия тренда

Линия тренда показывает, что в 2013 году уровень травматизма будет идти на убыль. Если сравнивать со среднеотраслевым риском, то на ОАО «РЖД» вполне благоприятная обстановка с уровнем травматизма.

2. Создание подразделения X

В 2011 г. на ОАО «РЖД» было создано новое подразделение X. Списочный состав подразделения, численность персонала которого составляет 10 человек, представлен в таблице 10.

Таблица 10-структурный состав подразделения X

Код	Должность	Стаж	Возраст	Пол
001	Монтер пути	12	49	М
002	Водитель	8	29	М
003	Слесарь подвижного состава	3	25	М
004	Составитель поездов	25	51	М
005	Станочник	14	44	М
006	Монтер пути	4	48	М
007	Дежурный по станции	8	36	Ж
008	Монтер пути	3	27	М
009	Помощник машиниста	15	42	М

Таблица 11-Ретроспективный анализ подразделения X

Код	Должность	Стаж	Возраст	Пол	R _{пол}	R _{возр.}	R _{стаж}	R _{проф.}	R _{инд.}
001	Монтер пути	12	49	М	0,57	1,22	0,78	15,95	18,52
002	Водитель	8	29	М	0,57	0,56	2,49	0	3,62
003	Слесарь подвижного состава	3	25	М	0,57	0,56	0,78	7,81	9,72
004	Составитель поездов	25	51	М	0,57	1,22	0	21,05	22,84
005	Станочник	14	44	М	0,57	2,73	0,78	20,8	24,88
006	Монтер пути	4	48	М	0,57	1,22	0,78	15,95	18,52
007	Дежурный по станции	8	36	Ж	0,42	2,73	2,49	0	5,64
008	Монтер пути	3	27	М	0,57	0,56	0,78	15,95	17,86
009	Помощник машиниста	15	42	М	0,57	2,73	0	2,57	5,87
010	Помощник машиниста	24	54	М	0,57	1,22	0	2,57	4,36

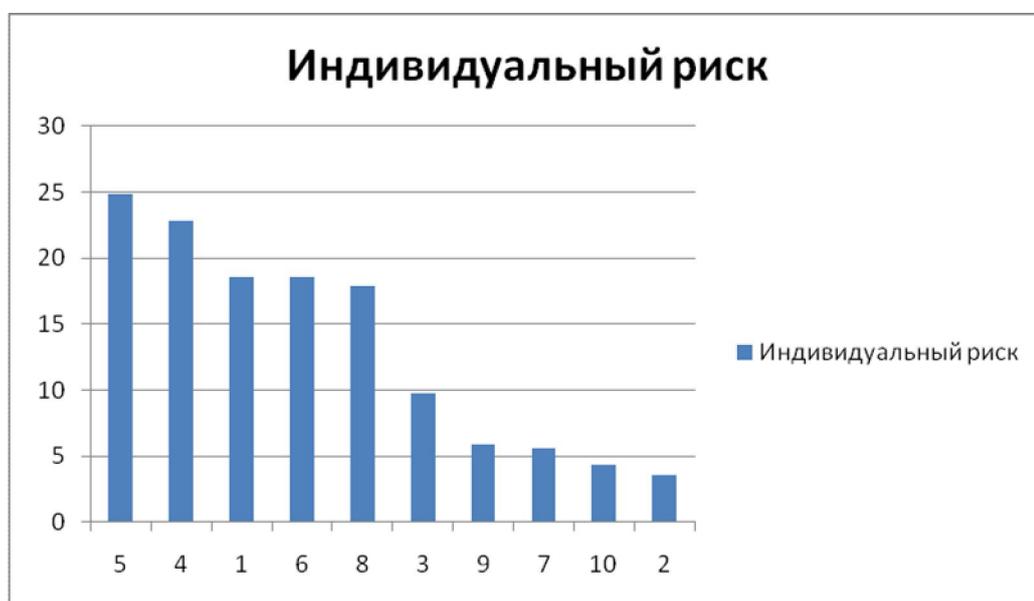


Рисунок 7. Индивидуальный риск

Наибольший вклад в формирование индивидуального уровня риска вносит риск, обусловленный должностью работника.

2.1 Расчет индивидуальных рисков с применением модифицированного вероятностного метода Байеса

Полученные результаты отражают уже произошедшие события. Строить на их основе прогнозы можно только исходя из предположения, что в перспективе картина травматизма останется неизменной. Мы знаем, что это не так. Для получения более точных прогнозных оценок следует ввести некоторые весовые коэффициенты и нормирующие показатели.

В качестве нормирующего показателя выберем среднегодовалый уровень риска:

$$НП = R_{\text{ср.мн}} = (\sum n_i / N_i) / m,$$

где m – число лет.

$$НП = R_{\text{ср.мн}} = 1,04$$

Введем весовой коэффициент

$$КВ = R_{\text{max}} / R_{\text{min}},$$

где R_{max} и R_{min} – это максимальный и минимальный уровень риска в кривой распределения риска по каждому фактору. Чем больше этот показатель, тем больше значимость фактора. При отсутствии влияния фактора на уровень риска травматизма отношение равно или близко к единице.

Таблица 12 – Расчет весовых коэффициентов за 2010 г.

Фактор	R_{max}	R_{min}	$K_B = R_{\text{max}} / R_{\text{min}}$	$\alpha = K_B / (НП \cdot \sum K_B)$
Пол	0,57	0,42	$K_B = 1,3$	0,04
Возраст	2,73	0,56	$K_B = 4,8$	0,15
Стаж	2,79	1	$K_B = 2,79$	0,08

Профессия	21,05	1	$K_B=21,05$	0,67
			$\sum K_B=29,94$	$\sum \alpha=0,94$

Таблица 13 – Расчет индивидуальных рисков с применением модифицированного вероятностного метода Байеса

Код	Должность	Стаж	Возраст	Пол	$R_{\text{ПОЛ}}$	$R_{\text{ВОЗР.}}$	$R_{\text{СТАЖ}}$	$R_{\text{ПРОФ.}}$	$\sum R_{\alpha}$
001	Монтер пути	12	49	М	0,02	0,18	0,06	10,68	10,95
002	Водитель	8	29	М	0,02	0,08	0,19	0	0,30
003	Слесарь подвижного состава	3	25	М	0,02	0,08	0,06	5,23	5,40
004	Составитель поездов	25	51	М	0,02	0,18	0	14,10	14,30
005	Станочник	14	44	М	0,02	0,40	0,06	13,93	14,43
006	Монтер пути	4	48	М	0,02	0,18	0,06	10,68	10,95
007	Дежурный по станции	8	36	Ж	0,01	0,40	0,19	0	0,62
008	Монтер пути	3	27	М	0,02	0,08	0,06	10,68	10,85
009	Помощник машиниста	15	42	М	0,02	0,40	0	1,72	2,15
010	Помощник машиниста	24	54	М	0,02	0,18	0	1,72	1,92

Проведем ранжирование

Ранг	Код сотрудника	$R_{\text{Байеса}}$
1	005	14,43
2	004	14,30
3	001	10,95
4	006	10,95
5	008	10,85
6	003	5,4
7	009	2,15
8	010	1,92
9	007	0,62
10	002	0,3

Ранжирование необходимо для того, чтобы определить сотрудников, которые наиболее подвержены возможности травмирования. Определить приоритеты в проведении мероприятий для уменьшения риска травматизма у данной группы сотрудников.

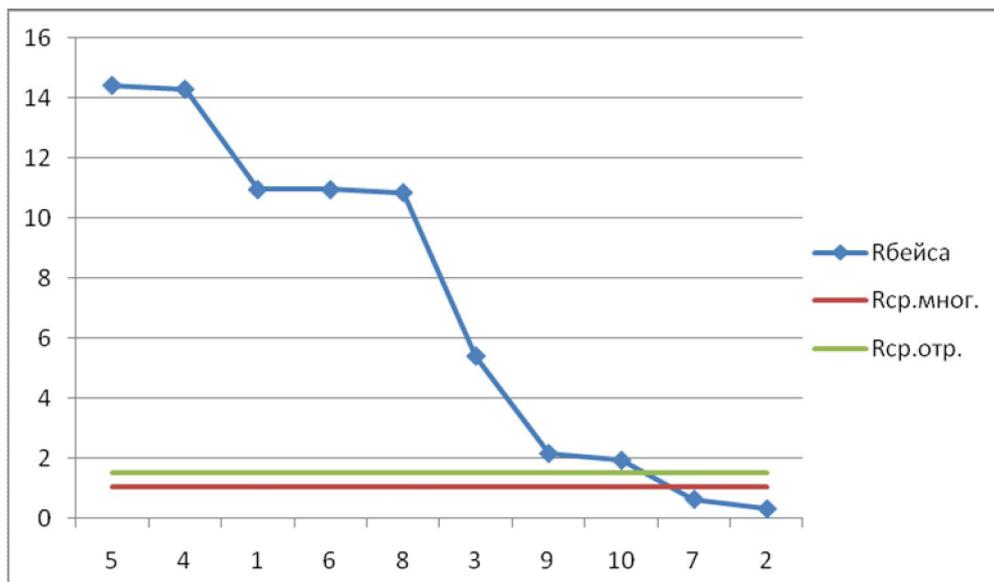


Рисунок 8. Сопоставление прогнозируемого группового риска по персоналу

Рисунок 8 показывает, что первоочерёдные мероприятия должны быть проведены для сотрудников, уровень риска которых находится выше линии Рср.мн.

3. Мероприятия по снижению уровня риска травматизма

Одним из важнейших условий борьбы с производственным травматизмом является систематический анализ причин его возникновения, которые делятся на технические и организационные.

Технические причины в большинстве случаев проявляются как результат конструктивных недостатков оборудования, недостаточности освещения, неисправности защитных средств, оградительных устройств и т.п.

К организационным причинам относятся несоблюдение правил техники безопасности из-за неподготовленности работников, низкая трудовая и производственная дисциплина, неправильная организация работы, отсутствие надлежащего контроля за производственным процессом и др.

На основе всестороннего анализа условий труда администрация и служба охраны труда предприятий проводят:

- инструктаж и обучение работников по технике безопасности;
- оперативный контроль за исправностью оборудования, обеспечением работников индивидуальными защитными средствами и спецзащитой;
- контроль за выполнением трудового законодательства, инструкций и положений по технике безопасности;
- проведение дней охраны труда и общественных смотров по технике безопасности на предприятиях и стройках;
- выполнение соглашения с профсоюзной организацией по охране труда.

К эффективным мероприятиям относятся квалифицированное проведение вводного, на рабочем месте, периодического (повторный), внепланового и текущего инструктажей работников по технике безопасности.

Вводный инструктаж должны проходить работники, впервые поступившие на предприятие, и учащиеся, направленные для производственной практики. Вводный инструктаж знакомит с правилами по технике безопасности, внутреннего распорядка предприятия, основными причинами несчастных случаев и порядком оказания первой медицинской помощи при несчастном случае.

Инструктаж на рабочем месте (первичный) должны пройти работники, вновь поступившие на предприятие или переведенные на другое место работы, и учащиеся, проходящие производственную практику. Этот инструктаж знакомит с правилами техники безопасности непосредственно на рабочем месте, а также с индивидуальными защитными средствами.

Периодический (повторный) инструктаж проводится с целью проверки знаний и умений работников применять навыки, полученные ими при вводном инструктаже и на рабочем месте. Независимо от квалификации и от ста-

жа работы этот вид инструктажа должны проходить работников торговли и общественного питания (не реже одного раза в шесть месяцев), работники производственных предприятий (не реже одного раза в три месяца).

Внеплановый инструктаж проводится на рабочем месте при замене оборудования, изменении технологического процесса или после несчастных случаев из-за недостаточности предыдущего инструктажа.

Текущий инструктаж проводится после выявления нарушений правил и инструкций по технике безопасности или при выполнении работ по допуску-наряду.

Инструктаж на рабочих местах в производственных предприятиях проводят мастера участков: на предприятиях общественного питания в цехах – заведующие производством; в торговом зале, складских и подсобных помещениях – заведующие предприятием; в магазинах – заведующие отделом (в небольших магазинах, где нет отделов – заведующие магазинами). На каждом предприятии должна быть книга для записи инструктажа по технике безопасности.

Специальное курсовое обучение по технике безопасности организуется для лиц, которые по условиям работы подвергаются повышенной опасности (кочегары, машинисты, электромонтеры и др.). Курсовое обучение обязательно также и для бригадиров, организующих выполнение такелажных, монтажных, ремонтных и погрузочно-разгрузочных работ.

Знания слушателей курсов проверяет комиссия и записывает в протокол, на основе которого выдержавшим экзамены выдают удостоверение. Переаттестация проводится в установленные для каждой специальности сроки.

Для предупреждения несчастных случаев и профессиональных заболеваний на предприятиях оборудуются кабинеты или уголки по технике безопасности, где размещаются плакаты, схемы, инструктивные материалы по технике безопасности, индивидуальные средства защиты, приборы для изме-

рения шума, света, вибрации и так далее. Систематическое проведение лекций, бесед, инструктажей с использованием наглядных пособий, кинофильмов и телевизионных передач, является действенным способом пропаганды техники безопасности на производстве.

Пути предупреждения производственного травматизма:

– механизация, автоматизация и дистанционное управление процессами и оборудованием, применением роботов; адаптация человека в производственной среде к условиям труда;

– профотбор людей, соответствующих условиям подготовки, воспитание положительного отношения к охране труда, система поощрений и стимулирования, дисциплинарные меры воздействия, применение СИЗ и др.;

– создание безопасной техники, машин и технологий, средств защиты и приспособлений, оптимизация их параметров производственной среды.