

УДК 331.45

Асламова Елизавета Александровна,
к.т.н., ассистент кафедры «Бизнес-информатика и моделирование процессов»
института Управление бизнес- процессами
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», e-mail: Liza.Ocean@mail.ru

Асламова Вера Сергеевна,
д.т.н., профессор кафедры «Техносферная безопасность»,
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»,
e-mail: aslamovav@yandex.ru

Блинова Дарья Сергеевна,
магистрант кафедры «Техносферная безопасность»,
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»,
e-mail: polina-kuznetsova-98@bk.ru

Асламов Александр Анатольевич,
к.т.н., доцент кафедры «Машины и аппараты химических производств»
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: aaa_mx@angtu.ru

АНАЛИЗ ТРЕНДОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В РОССИИ ЗА 2000-2020 ГОДЫ

Aslamova E.A., Aslamova V.S., Blinova D.S., Aslamov A.A.

ANALYSIS OF PRODUCTION TRENDS INJURIES IN RUSSIA IN 2000-2020

Аннотация. Выполнен анализ трендов показателей производственного травматизма за 2000-2020 гг. в России и выявлено их экспоненциальное снижение. Адекватность полученных моделей 98-99 % позволяет использовать их для прогнозирования. Установлено, что при увеличении финансирования мер по охране труда свыше 14 тыс. руб. на работника не происходит существенного снижения значений показателей.

Ключевые слова: показатели производственного травматизма, тренд, регрессионная модель, несчастный случай.

Abstract. The analysis of trends in industrial injuries indicators for 2000-2020 has been carried out. in Russia and revealed their exponential decline. The adequacy of the obtained models 98-99% allows them to be used for forecasting. It was found that with an increase in funding for labor protection measures more than 14 thousand rubles / person. there is no significant decrease in the values of indicators.

Keywords: occupational injury rates, trend, regression model, accident.

Исследование показателей производственного травматизма (ПТ) актуально не только для России, но для всего мира, так как производственные несчастные случаи (ПНС) часто служат причиной смерти трудоспособного населения, вызывают снижение внутреннего валового продукта, потерю рабочего времени, составляющую в 2020 г., согласно Росстат, 1,3 миллиона чел.-дн [1, 2]. В мире каждый год регистрируется около 340 млн. ПНС и около 160 млн. случаев профессиональных заболеваний [3].

В работе выполнен статистический анализ динамики показателей ПТ в РФ путем регрессионного анализа данных Росстата за 2000-2020 гг. (g) [1, 4]. Анализировались: число общих ПНС (nc , тыс. чел.); число смертельных исходов ($nc_{см}$, тыс. чел.); коли-

чество пострадавших мужчин ($nc_{м}$) и женщин ($nc_{ж}$) по причине ПНС, тыс. чел.; число человеко-дней временной утери трудоспособности ($d_{вум}$) на одного работника (чел. дн); количество средств, израсходованных на финансирование мер по охране труда (ОТ) на 1 работающего (Z , тыс. руб.). Данные обрабатывались в пакете Statgraphics Plus. За базовый принят 2000 г. На рис. 1 представлена динамика ПНС, которая аппроксимирована экспоненциальной моделью (1):

$$nc = 14,42 + 144,037 \times \exp(-0,15 \times (g - 2000)). \quad (1)$$

Критерии адекватности всех регрессий указаны в табл. 1: коэффициент детерминации (R^2 , %) позволяет охарактеризовать процент данных статистики, описываемых моделью; скорректированный коэффициент де-

терминации (R^2_c , %) оценивает тесноту связи между зависимой и независимой переменными; критерий DW (критерий Дарбина-Уотсона) говорит об отсутствии в данных автокорреляции; средняя абсолютная ошибка (Δ) и среднеквадратическая ошибка (σ) характеризуют точность модели.

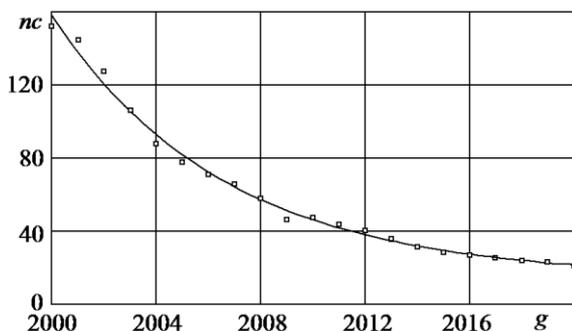


Рисунок 1 – Динамика ПНС, тыс. чел. в России

Таблица 1
Критерии адекватности моделей

№ модели	R^2 , %	R^2_c , %	DW	σ	Δ
(1)	99,31	99,23	1,56	3,58	2,44
(2)	98,78	98,64	1,72	0,13	0,09
(3)	99,34	99,28	1,62	2,70	1,76
(4)	99,10	99,00	1,39	0,92	0,67
(5)	91,14	89,78	1,99	1,79	1,18
(6)	98,10	97,89	0,77	5,95	4,52
(7)	98,30	98,11	1,38	0,16	0,11
(8)	98,14	97,93	0,81	4,57	3,43
(9)	98,02	97,80	0,72	1,37	1,02

Как видно из табл. 1, регрессия (1) аппроксимирует 99,31 % данных статистики.

Из рис. 1 видно, что число пострадавших на производстве из-за ПНС неуклонно снижается, что объясняется усовершенствованием механизмов предупреждения ПНС, выдачи СИЗ, ростом уровня культуры, безопасного труда и личным участием работников в его обеспечении [5]. Кроме того, по нашему мнению, снижение числа пострадавших может быть частично связано с удаленной работой в условиях пандемии.

На рис. 2 дано сопоставление подсчитанных по модели (1) значений n_{c_p} с наблюдаемыми n_{c_c} .

На рис. 3 представлена динамика смертельного ПТ, описываемая моделью (2):
 $n_{c_{см}} = 0,247 + 4,787 \times \exp(-0,072 \times (g - 2000)).$ (2)

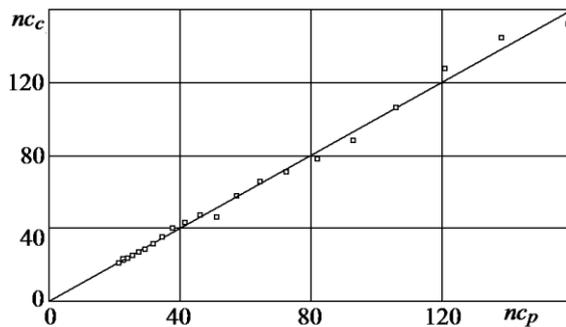


Рисунок 2 – Сравнение вычисленных значений n_{c_p} по модели (1) с наблюдаемыми значениями n_{c_c} , тыс. чел.

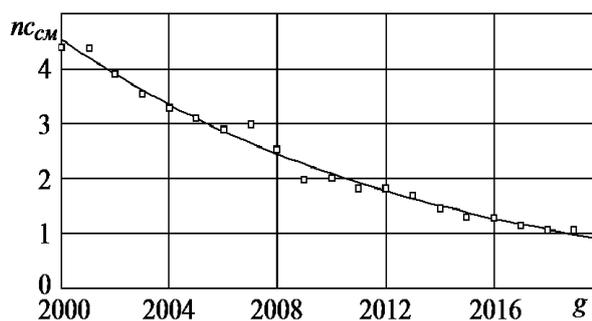


Рисунок 3 – Динамика показателей смертельных несчастных случаев, тыс. чел.

На рис. 4 представлено сравнение вычисленных по модели (2) значений $n_{c_{смр}}$ с наблюдаемыми $n_{c_{смс}}$, тыс. чел.

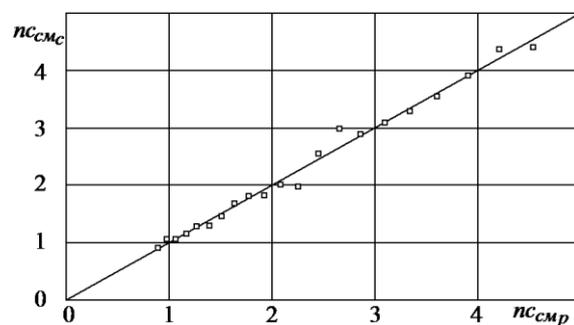


Рисунок 4 – Сравнение вычисленных по (2) значений $n_{c_{смр}}$ с наблюдаемыми $n_{c_{смс}}$, тыс. чел.

На рис. 5 показана динамика пострадавших на производства мужчин, описываемая моделью (3):

$$n_{c_m} = 10,611 + 111,247 \times \exp(-0,162 \times (g - 2000)).$$
 (3)

На рис. 6 представлено сравнение вычисленных по модели (3) значений $n_{c_{мр}}$ с наблюдаемыми $n_{c_{мс}}$, тыс. чел.

На рис. 7 представлена динамика пострадавших на производства женщин $n_{c_{ж}}$, тыс. чел., описываемая моделью (4):

$$n_{c_{ж}} = 3,026 + 33,661 \times \exp(-0,166 \times (g - 2000)).$$
 (4)

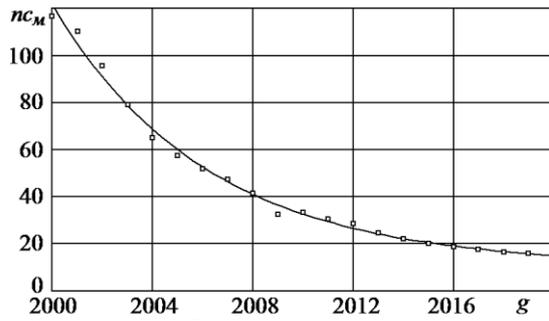


Рисунок 5 – Динамика пострадавших на производстве мужчин nc_m , тыс. чел.

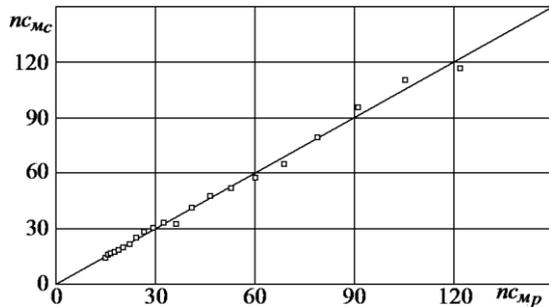


Рисунок 6 – Сравнение вычисленных по модели (3) значений nc_{mr} с наблюдаемыми nc_{ms} , тыс. чел.

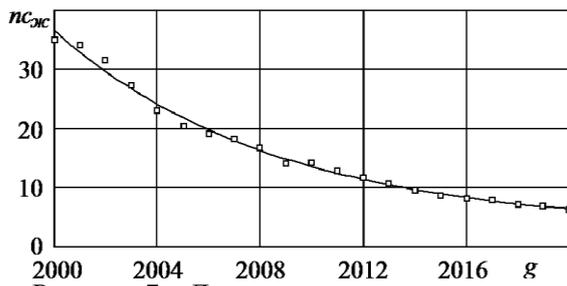


Рисунок 7 – Динамика пострадавших на производства женщин, тыс. чел.

На рис. 8 представлено сравнение вычисленных по модели (4) значений $nc_{жр}$ с наблюдаемыми $nc_{жс}$, тыс. чел.

Динамика $d_{гут}$, дней на одного пострадавшего, начиная с 2005 г., дана на рис. 9. Динамика $d_{гут}$ достаточно точно (в 91,14% случаях) описывается экспоненциальной моделью (5):

$$d_{гут} = 49,3 - 18,6 \times \exp(-0,4 \times (g - 2005)). \quad (5)$$

Из рис. 9 видно, что, начиная с 2014 г. значение $d_{гут}$ стабилизируется и составляет достаточно большую величину: $d_{гут} = 49$ чел. дн. Это говорит о том, что в статистических данных России не в полной мере учитываются (скрываются) легкие НС, что подтверждается в работах [6, 7]. В качестве сопоставления, в Германии $d_{гут}$ равно 5 чел. дн, в США – 6 чел. дн [6].

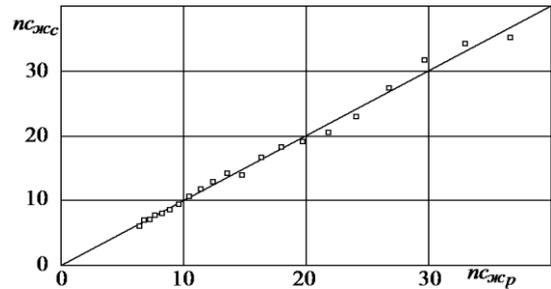


Рисунок 8 – Сравнение вычисленных по модели (4) значений $nc_{жр}$ с наблюдаемыми $nc_{жс}$, тыс. чел.

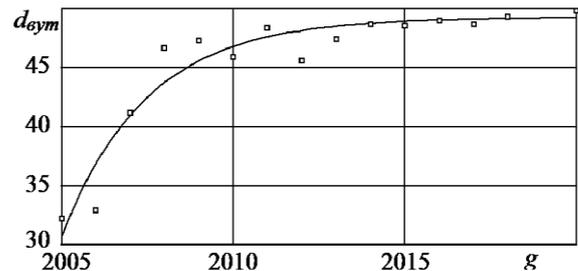


Рисунок 9 – Динамика $d_{гут}$, дней на одного пострадавшего

О точности найденной зависимости можно судить по рис. 10, где представлено сравнение вычисленных по модели (5) значений $d_{гутр}$ с наблюдаемыми $d_{гутс}$.

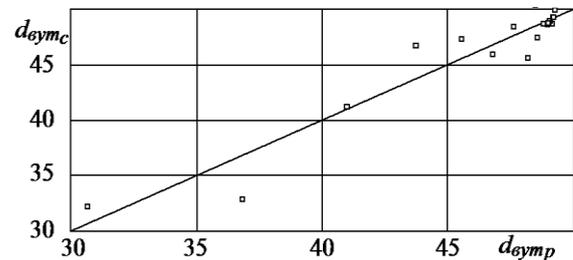


Рисунок 10 – Сравнение вычисленных по модели (5) значений $d_{гутр}$ с наблюдаемыми $d_{гутс}$, чел. дн.

Выполнить оценку влияния средств Z в тыс. руб., израсходованных на профилактические меры по ОТ на 1 работника, на показатель nc можно по регрессионной модели (6):

$$nc = 25,039 + 175,573 \times \exp(-0,338 \times Z/1000). \quad (6)$$

Зависимость несчастных случаев (НС) от от финансовых вложений представлена на рис. 11.

Критерии адекватности регрессии модели (6) указаны в табл. 1. О точности найденной зависимости можно судить по рис. 12, где представлено сравнение вычисленных по модели (6) значений nc_p с наблюдаемыми nc_c , тыс. чел.

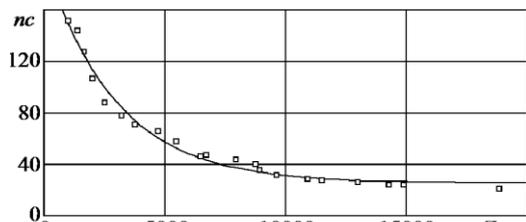


Рисунок 11 – Зависимость НС, тыс.чел. от финансовых вложений Z, тыс. руб/чел

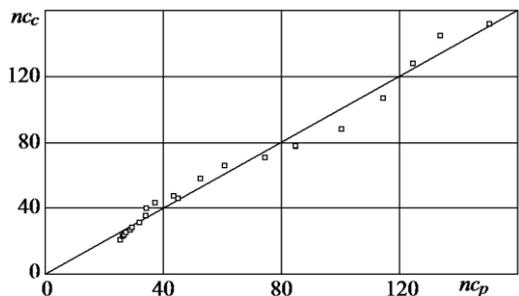


Рисунок 12 – Сравнение вычисленных по модели (6) значений nc_p , с наблюдаемыми nc_c . тыс. чел.

Зависимость nc_{cm} , тыс. чел. от величины Z , тыс. руб., приведена на рис. 13 и описывается моделью (7):

$$nc_{cm} = 0,714 + 4,313 \times \exp(-0,172 \times Z/1000). \quad (7)$$

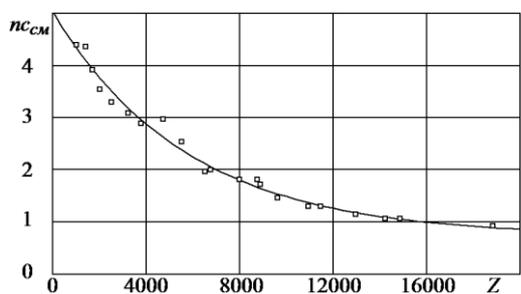


Рисунок 13 – Зависимость $nc_{см}$, тыс. чел. от финансовых вложений Z, тыс. руб/чел.

О точности найденной зависимости можно судить по рис. 14, где представлено сравнение вычисленных по модели (7) значений $nc_{сmp}$ с наблюдаемыми $nc_{смс}$, тыс. чел.

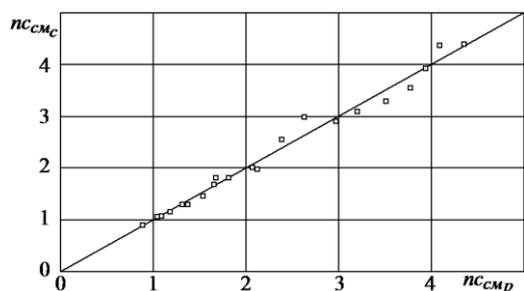


Рисунок 14 – Сравнение вычисленных по модели (7) значений $nc_{сmp}$ с наблюдаемыми $nc_{смс}$, тыс. чел.

Для мужчин зависимость nc_m , тыс. чел. от величины Z , тыс. руб., приведена на рис. 15 и описывается регрессией (8):

$$nc_m = 18,066 + 140,581 \times \exp(-0,365 \times Z/1000) \quad (8)$$

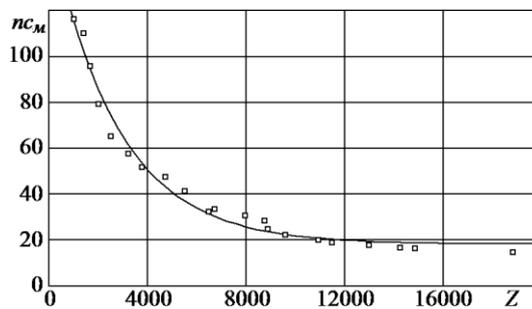


Рисунок 15 – Зависимость nc_m , тыс. от величины Z, тыс. руб.

О точности найденной зависимости можно судить по рис. 16, где представлено сравнение вычисленных по модели (8) значений nc_{mp} с наблюдаемыми $nc_{мс}$, тыс. чел.

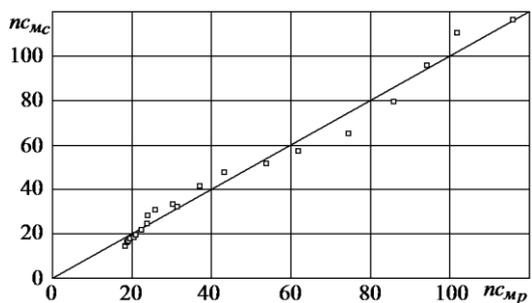


Рисунок 16 – Сравнение вычисленных по модели (8) значений nc_{mp} с наблюдаемыми $nc_{мс}$, тыс. чел.

Для женщин зависимость $nc_{жс}$, тыс. чел. от величины Z , тыс. руб. (рис. 17), описывается регрессией (9):

$$nc_{жс} = 6,617 + 36,463 \times \exp(-0,256 \times Z/1000). \quad (9)$$

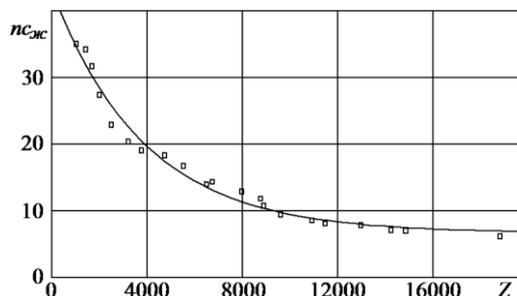


Рисунок 17 – Зависимость $nc_{жс}$, тыс. от величины Z, тыс. руб.

О точности найденной зависимости можно судить по рис. 18, где представлено

сравнение вычисленных по модели (9) значений $nc_{жр}$ с наблюдаемыми $nc_{жс}$ тыс. чел.

Для оценки достоверности статистики ПНС в странах с несовершенным учетом МОТ разработала методику, согласно которой параметр S , который определяет состояние промышленной безопасности и качество регистрации ПТ в стране, рассчитывается по соотношению: $S = nc/nc_{см}$. Из многолетнего опыта известно, что параметр $S = const$. Значения S для России даны в табл. 2.

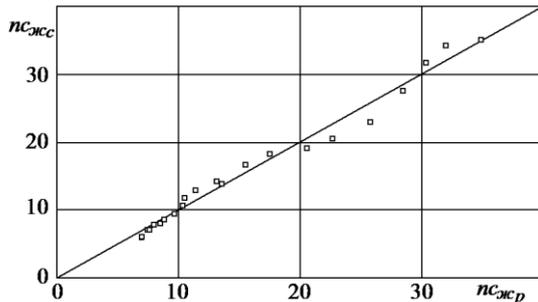


Рисунок 18 – Сравнение вычисленных по модели (9) значений $nc_{жр}$ с наблюдаемыми $nc_{жс}$ тыс. чел.

Из табл. 2 следует, что доля $nc_{см}$ от общих ПНС выросла существенно: с 2,9 % в 2000 году до 4,45 % в 2020 году. Среднеарифметическое значение $S_{ср} = 24,7 \approx 25$. Это обозначает, что каждый 25-й зарегистрированный в Росстат ПНС со смертельным исходом.

Анализ адекватности полученных трендов (1)-(4) и (6)-(9) позволяет сделать вывод о хорошем их качестве, что позволяет их применять для прогноза тенденций их динамики. О возможности экстраполяции трендов также говорится в работе [8].

Таблица 2 – По данным о ПНС на предприятиях России

g	$nc_{см}$ тыс. чел.	nc , тыс. чел.	S	$nc_{см}/nc$
2000	4,40	151,8	34,50	2,90
2001	4,37	144,7	33,11	3,02
2002	3,92	127,7	32,58	3,07
2003	3,54	106,7	30,14	3,32
2004	3,29	87,8	26,69	3,75
2005	3,09	77,7	25,15	3,98
2006	2,9	70,7	24,38	4,10
2007	2,99	66,1	22,11	4,52
2008	2,55	58,3	22,86	4,37
2009	1,97	46,1	23,40	4,27
2010	2,00	47,7	23,85	4,19
2011	1,82	43,6	23,96	4,17
2012	1,82	40,4	22,2	4,50
2013	1,70	35,6	20,94	4,78
2014	1,46	31,3	21,44	4,66
2015	1,29	28,2	21,86	4,57
2016	1,29	26,7	20,70	4,83
2017	1,14	25,4	22,28	4,49
2018	1,07	23,6	22,06	4,53
2019	1,06	23,3	21,98	4,55
2020	0,912	20,5	22,48	4,45
Среднее	2,31	61,14	24,70	4,84

Из рис. 11, 13, 15, 17 видно, что дальнейший рост вложений $Z > 14$ тыс. руб./чел. не сопровождается существенным снижением показателей ПТ. Это показывает, что экстенсивный путь уменьшения ПТ себя исчерпал. Для дальнейшего снижения ПТ необходим учёт всех влияющих факторов и их приоритетов в системах управления ОТ и профессиональными рисками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Россия в цифрах. 2020: Краткий статистический сборник / Росстат – М., Росстат, 2020 – 550 с.
2. Асламова Е.А. Регрессионные модели производственного травматизма в РФ за 2000-2017 годы / Е.А. Асламова // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф.: в 12 т. / под общ. ред. А. А. Большакова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – Т. 1. – С. 11-15.
3. Мировая статистика: сайт МОТ. URL: https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_

4. Росстат: количество пострадавших при несчастных случаях на производстве. URL: <https://www.trudcontrol.ru/press/statistics/29612/rosstat-kolichestvo-postradavshih-pri-neschastnih-sluchayah-na-proizvodstve> (дата обращения: 21.10.2021).
5. Итоги года: сфера охраны труда. URL: <https://mintrud.gov.ru/labour/safety/321> (дата обращения 20.10.2021).
6. Кашинцева Л.В. Методика расчета и количественной оценки профессионального