



Влияние контроля знаний на качество обучения



Валентин ПОНОМАРЕВ
Valentine M. PONOMAREV

Андрей ВОЛКОВ
Andrey V. VOLKOV



Алла ЛИСИЕНКОВА
Alla V. LISIENKOVA

Пономарев Валентин Михайлович — доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ). Волков Андрей Владимирович — кандидат технических наук, доцент МИИТ. Лисиенкова Алла Владимировна — старший преподаватель МИИТ, Москва, Россия.

В статье проанализированы основные причины производственного травматизма в ОАО «РЖД» с точки зрения влияния человеческого фактора на безопасность организации технологических процессов. Выявлена и обоснована необходимость повышения качества обучения персонала. Определены оптимальные объемы тестовых заданий, обеспечивающие требуемую достоверность оценок и решений. Теоретические выводы получили согласование с результатами экспертных исследований. Предлагаемая методика минимизирует вероятность субъективизма в ходе проверки знаний руководителей и специалистов в области охраны труда.

Ключевые слова: профессиональная учеба специалистов, качество обучения, контроль знаний, тестирование, методика, программы, экспертные оценки, человеческий фактор, компьютерная проверка.

Железнодорожный транспорт относится к числу производств, где значительная часть рабочих мест расположена в потенциально опасных зонах, причем на современном уровне развития транспортной науки технологически не представляется возможным полностью освободить людей от вероятности риска. В этих условиях особую актуальность приобретают знания и навыки безопасного поведения при выполнении технологических операций, а также приобретения профессионально необходимой защитной реакции. Формирование подобных качеств невозможно без обучения основам и тонкостям охраны труда.

1.

В ОАО «РЖД» давно сложилась своя практика детального анализа факторов, оказывающих влияние на появление и профилактику несчастных случаев. При этом привлекаются современные методы — например, построение диаграмм Исикавы, позволяющих установить взаимосвязь отдельных звеньев сложной системы.

Анализ весовых коэффициентов влияния отдельных факторов и групп факторов на протяжении ряда лет свидетельствует

об их устойчивости. Допустим, факторами, объединенными в подгруппу «недостатки в обучении безопасным приемам труда», чаще всего можно объяснить возникновение примерно 4,5% от общей доли производственных травм, а факторами подгруппы «нарушение требований инструкций по охране труда» — 13,4%.

Общеизвестно, что каждая травма имеет определенную динамику развития. Многочисленные исследования показывают, что одному смертельному случаю в России предшествуют 10–30 тяжелых травм, около 100–300 легких (с потерей трудоспособности на один день и более), порядка 1000–3000 микротравм и 10000–30000 случаев нарушений технологии работы, неиспользования средств защиты и использования неисправного инструмента [1].

Характерно, что организационные причины, по мнению экспертов, предопределили появление более половины травм от общего их числа.

В этой категории самыми весомыми считаются неудовлетворительная организация и недостаточный контроль за производством работ, на долю которых приходится 26,2%. Каков «вклад руководителей» в такого рода причины? Если сопоставить сущность скрытых здесь мотивов и требования СТО РЖД 15.014-2012 «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Организация контроля и порядок его проведения» [2], то степень вины руководителей окажется весьма очевидной.

Действительно, руководитель, имеющий четкое представление об опасностях при выполнении предусмотренных работ, всегда постарается обеспечить условия для минимизации рисков и угроз, будет добиваться того, чтобы реалии производства соответствовали требованиям правил и инструкций по охране труда. Другое дело, если сам управленец имеет поверхностное знание этих вопросов, тогда он не в состоянии дать правильную оценку производственной ситуации и как результат — получит на подконтрольных участках высокий уровень нарушений и травм.

Сюда, кстати, правомерно отнести и нарушения технологического процесса, с которыми, по оценке специалистов ОАО «РЖД», связано до 15,6% общего числа травм на железнодорожных предприятиях.

Анализ материалов служебного расследования часто указывает тут на сочетание двух причин — ошибочных действий самих исполнителей и отсутствие должного внимания со стороны руководителей структурных подразделений.

Если использовать общий статистический показатель, который констатирует, что от 40 до 60% травм — последствия ошибочных действий персонала, то «вклад» руководителей также колеблется в том же процентном диапазоне. И это очень даже немалый уровень.

Подведем неутешительный итог: можно считать, что как минимум 50% травм прямо или косвенно отражают недостатки в обучении именно руководителей, ответственных за соблюдение охраны труда. Естественно ожидать на этом фоне и призывы повысить надежность контрольных функций в данной области, и желание специалистов, исследователей предложить свой спектр мер самого разного толка.

Прежде всего логично было бы предложить увеличить объем программ обучения. Такое увеличение может иметь положительный эффект в том случае, если оно будет подкреплено качественными изменениями в содержании программы. Однако реализация подобного подхода грозит отразиться на продолжительности обучения, привести к его затяжке и удорожанию.

Можно, конечно, ввести дифференцированные сроки обучения и более гибкую систему контроля знаний специалистов, но такие решения потребуют серьезного предварительного анализа и перестроения всей системы подготовки по вопросам безопасности труда.

При любом варианте решения данной проблемы следует обеспечить должный контроль качества на выходе системы обучения (экзамен или итоговое тестирование). В противном случае все предполагаемые меры могут оказаться неэффективными и одновременно неоправданно затратными.

Материальную базу для внедрения надежных методов проверки знаний создает повсеместная компьютеризация кабинетов по охране труда, специализированных классов, которые имеются почти в каждом учебном центре.



Преимущества перехода от ответов по бумажным билетам к системе компьютерной проверки знаний широко обсуждаются [3,4], в частности идет речь и об обеспечении качества тестовых заданий.

2.

Любая лекция представляет собой некий законченный модуль. Согласно [5], оптимально для педагога разработать не менее трех комплектов тестовых заданий, каждый из них должен содержать от 8 до 12 вопросов. Рекомендуются по отдельному взятому вопросу предлагать слушателю от 4 до 6 ответов, из которых, по крайней мере, один является верным.

То есть при обучении по 40-часовой программе, где на долю лекционного материала приходится чаще всего 20 часов [5], общее число вопросов тестов составит примерно 200 (от 160 до 240).

Возникает вопрос: как определить для указанных условий минимальный объем теста (выборки), чтобы гарантировать заданную достоверность информации о фактическом уровне подготовки слушателя?

На первый взгляд, задача аналогична процедуре браковки или приемки партии из N изделий, в которой некое число D изделий обозначает наличие брака. Отклонение выборочной средней $\bar{x}$ от генеральной средней m определяется выражением:

$$\Delta = \bar{x} - m = t \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (1)$$

Выборочную дисперсию удобнее рассчитывать для относительной величины — доли p правильных ответов в тесте [6]:

$$S^2 = p(1 - p). \quad (2)$$

Для задания параметра t необходимо определиться с требуемой величиной доверительной вероятности q . Из практики известно, что наиболее востребованными являются доверительные вероятности величиной 0,95, 0,954, 0,997.

Чаще всего между p и q нет какой-либо зависимости. Однако если проанализировать выражение (2), то совершенно очевидно, что максимум выборочной дисперсии приходится на значения $p = 0,5$, где среднеквадратичное отклонение также составляет 0,5. Вряд ли целесообразно здесь использовать значения доверительной веро-

ятности q более 0,9. По мере приближения значений p к границам 0 или 1 дисперсия стремительно убывает, соответственно можно ужесточить и требования к доверительной вероятности.

Этот случай в полной мере отвечает ситуации проверки знаний по безопасности труда, где допустимая доля неверных ответов $(1-p)$ в тесте не может быть большой — например, превышать 0,1–0,15 (10–15%). Аналог — практика приема экзаменов в ГИБДД, когда на экзамене допускается два неверных ответа из 20 (т. е. 10%). В то же время ожидать, что названная доля станет менее 0,05 (5%) опять же оснований нет, о чем свидетельствуют многочисленные данные статистики распределения правильных ответов в промежуточных тестах по дистанционному обучению. Следовательно, априорно можно полагать, что $(1-p)$ находится в пределах 0,05–0,15 (вероятность $p = 0,95-0,85$).

В этой ситуации величина доверительной вероятности 0,95 будет давать несколько заниженный диапазон возможных отклонений выборочной средней $\bar{x}$ от генеральной средней m и, наоборот, вероятность 0,997 почти на два порядка превосходит саму вероятность p . Наиболее адекватной ожидается доверительная вероятность величиной 0,954, которой соответствует параметр $t = 2,0$ [6].

Поскольку характер тестирования не предполагает повтора вопросов в пределах хотя бы одного сеанса проверки знаний, то такой режим отвечает бесповторному отбору вопросов.

Различают среднюю и предельную ошибку выборки. Под предельной понимают максимально возможное расхождение максимумов средних ошибок при допустимой вероятности их появления.

В статистике влияние бесповторности выборки на максимально возможное отклонение выборочной средней учитывают по формуле [6]:

$$\Delta = tS = t \sqrt{\frac{p(1-p)(N-n)}{n(N-1)}}. \quad (3)$$

Формулой (3) можно воспользоваться при $n \geq 100$ вне зависимости от вида распределения правильных ответов в генеральной совокупности, либо при $n \geq 30$

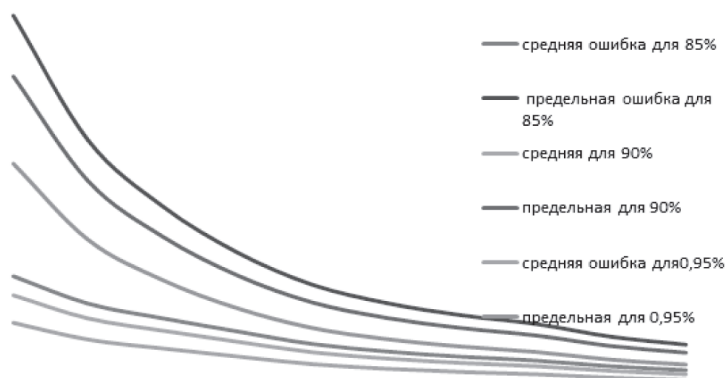


Рис. 1. Зависимость средней и предельной ошибки выборочного среднего $\bar{x}$ от генеральной средней m .

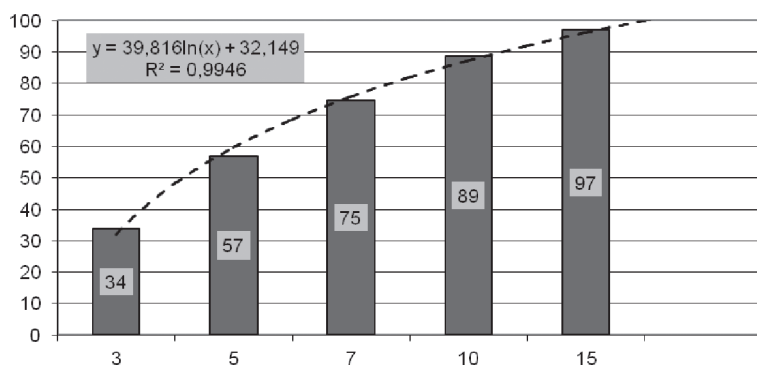


Рис. 2. Зависимость достоверности оценки знаний в ходе экзамена (зачета) при итоговом тестировании в ответах первой группы.

гипотезе, что неизвестная величина имеет нормальное распределение или приближенно может быть описана нормальным законом распределения. В случае малой выборки $n \leq 30$ рекомендуется [6] для тех же условий использовать распределение Стьюдента (В. Госсета). В последнем случае предельную ошибку выборки определяют по формуле:

$$\Delta = \varphi \sqrt{\frac{p(1-p)(N-n)}{nN}}. \quad (4)$$

Исследуем влияние размера выборки на отклонение выборочной средней $\bar{x}$ от генеральной средней m для условий $N = 200, p = 0,1, t = 2,0$. Результаты представим в виде гистограммы (рис. 1). При расчетах принимали для $n \leq 30$ доверительную вероятность $q = 0,95$, при $n > 30 - q = 0,954$.

3.

Представляет интерес сравнение полученных при выборке зависимостей с данными экспертного исследования, которое касалось числа вопросов в билете при оценке знаний слушателей курсов. Программа

обучения та же — 40-часовая. В качестве экспертов привлекались в первой группе слушатели курсов дистанционного обучения (инженерно-технические работники). Средний стаж их пребывания в профессии составил 4,7 года. Оценки распределились, как показано на диаграмме рис. 2.

Экспертам предлагалось оценить, насколько достоверными (приближенными к действительности) являются суждения об уровне знаний слушателей. Информация «достоверна», если с высокой степенью уверенности (удовлетворяющей существующим требованиям) есть возможность опираться на неё без дополнительной проверки.

Вторую группу составили педагоги, проходившие повышение квалификации по направлению «безопасность жизнедеятельности в техносфере». Средний их педагогический стаж — 7,8 года. Качественный состав: 12% без ученой степени, 73% — кандидаты наук, 15% — доктора наук.

Ответы представителей второй группы были весьма близки, как это показано на рис. 3.



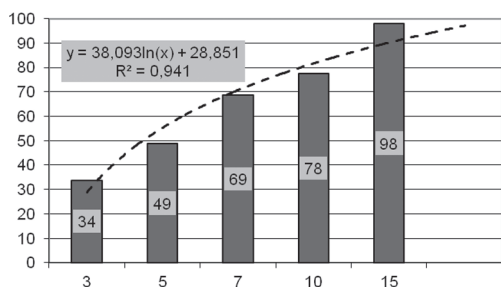


Рис. 3. Зависимость достоверности оценки знаний в ходе экзамена (зачета) при итоговом тестировании в ответах второй группы.

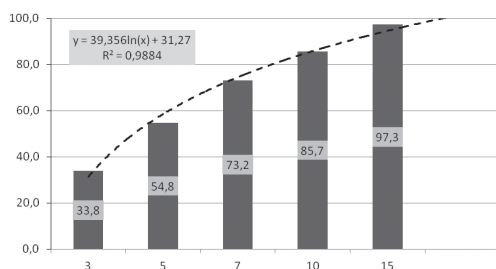


Рис. 4. Зависимость достоверности оценки знаний в ходе экзамена (зачета) при итоговом тестировании в суммированных ответах двух групп.

Близость оценок при коэффициенте корреляции $R = 0,97$ позволила объединить две группы в одну. Суммарная оценка приведена на рис. 4.

Полученные данные заслуживают особого рассмотрения: люди с большим опытом, прошедшие за свою жизнь через множество экзаменов, почти полностью признают результаты экзамена по билету, содержащему «стандартное» число вопросов, равное трем, как недостоверную информацию.

4.

В целом итоги моделирования и экспертного оценивания совпадают при числе вопросов в тесте до 10. Вероятнее всего это объясняется тем, что человек ориентирован именно на среднюю ошибку, которая составляет при $n = 10$:

$\Delta_{0,15} = \pm 0,11$ при генеральной средней $m = 0,15$;

$\Delta_{0,1} = \pm 0,092$ при генеральной средней $m = 0,10$;

$\Delta_{0,05} = \pm 0,067$ при генеральной средней $m = 0,05$;

Тогда выборочное среднее может находиться в пределах:

$0,04 \leq \bar{x} \leq 0,26$ при генеральной средней $m = 0,15$ (5);

$0,01 \leq \bar{x} \leq 0,19$ при генеральной средней $m = 0,10$ (6);

$0,0 \leq \bar{x} \leq 0,12$ при генеральной средней $m = 0,05$ (7).

Вместе с тем при увеличении числа вопросов в тесте до 15 наблюдается психологический барьер — результатам тестирования люди склонны доверять практически безоговорочно с доверительной вероятностью 0,97. То есть, по общему мнению двух независимых групп экспертов, на итоговом тесте должно быть около 15 вопросов, что дает достоверную на 97,3% информацию об истинности знаний испытуемых и только в 2,7% всех случаев возникает вероятность ошибки.

Результаты же моделирования свидетельствуют о том, что если принимать во внимание возможную предельную ошибку выборки, то при $n = 20$:

$\Delta_{0,15} = \pm 0,159$ при генеральной средней $m = 0,15$ (8);

$\Delta_{0,1} = \pm 0,133$ при генеральной средней $m = 0,10$ (9);

$\Delta_{0,05} = \pm 0,097$ при генеральной средней $m = 0,05$ (10).

В этом случае выборочное среднее может находиться в пределах:

$0,0 \leq \bar{x} \leq 0,309$ при генеральной средней $m = 0,15$ (10);

$0,0 \leq \bar{x} \leq 0,233$ при генеральной средней $m = 0,10$ (11);

$0,0 \leq \bar{x} \leq 0,147$ при генеральной средней $m = 0,05$ (12).

Фактически это означает, что существует значительная вероятность совершения ошибки второго рода [6], принятия решения о несоответствии знаний принятому пределу ошибок, хотя генеральная средняя m и не выходит за допустимые пределы в 10–15% неверных ответов.

Только выборочный контроль с числом вопросов в тесте более 30 (как это видно из рис. 1) дает возможность считать результаты теста объективными с доверительной вероятностью $q = 0,90$, или в одном случае из десяти при принятии

решения о требуемом уровне знаний можно допустить ошибку второго рола. Поэтому применение тестов с числом вопросов менее 30 должно предусматривать дополнительную экспертную оценку членами аттестационной комиссии в случае превышения установленного (5–15%) порога браковки.

Только применением в тестах от 40 и более вопросов, как это видно из графика на рис. 1, гарантируется доверительная вероятность не ниже 0,954, что практически освобождает от процедуры дополнительного оценивания результатов сдачи экзамена.

Тем самым исключается влияние человеческого фактора на результаты оценок, которые с высокой степенью достоверности могут считаться объективными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модель управления поведенческими рисками компании Дюпон. Электронный ресурс: <http://www.aebris.ru/upload/iblock/a59/a595edad8a4ebbe2cf0a491dd31800b2.pdf>. Сс. 16–36. Доступ: 25.09.2013.
2. СТО РЖД 15.014-2012. «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Организация контроля и порядок его проведения».
3. Компьютерное тестирование. Linden, Wim J.; Glas, Cees A. W. (Eds.). Elements of Adaptive Testing. Series: Statistics for Social and Behavioral Sciences. Springer, 2010, XIV, 462p.
4. Титова А. А. Объективность оценки знаний методом тестирования. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-3573.html>. Доступ: 25.09.2013.
5. Самылкина Н. Н. Современные средства оценивания результатов обучения. — М.: Бином, 2007. — 172 с.
6. Елисеева И. И., Юзбашев М. М. Общая теория статистики. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 654 с.
7. Пономарев В. М., Довженко И. А. Совершенствование форм и методов обучения как одно из основных направлений в работе по снижению уровня производственного травматизма // Материалы Международной научно-практической конференции, «Техносферная и экологическая безопасность на транспорте». — СПб., 2008. ●

IMPACT OF KNOWLEDGE CONTROL ON TRAINING QUALITY

Ponomarev, Valentine M. – D. Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Volkov, Andrey V. – Ph.D. (Tech), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Lisienkova, Alla V. – senior lecturer of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

The main causes of occupational traumatism in JSC Russian Railways are studied from the aspect of the impact of human factor on the safety of organization of industrial processes. The necessity to improve the quality of the staff advanced learning is revealed and grounded. The authors

have determined optimal volume of tests which allow the required level of veracity of assessment and decisions. Theoretical conclusions were approved through expert studies. The proposed techniques minimize probability of partial approach from behalf of the managers.

Key words: professional training, training quality, knowledge control, testing, methods, programs, expert assessment, human factor, computerized testing.

REFERENCES

1. Model of management of behavior risks in the company DuPont (in Russian) <http://www.aebris.ru/upload/iblock/a59/a595edad8a4ebbe2cf0a491dd31800b2.pdf>. 16–36 Last accessed 25/09/2013.
2. Corporate standard of JSC Russian Railways [STO RZhD] 15.014–2012. System of management of labor safety in JSC Russian Railways. Organization of control and the process of its implementation [«Sistema upravleniya ohranoy truda v ОАО «РЖД». Organizatsiya kontrolya i poryadok ego provedeniya»].
3. Linden, Wim J.; Glas, Cees A. W. (Eds.). Elements of Adaptive Testing. Series: Statistics for Social and Behavioral Sciences. Springer, 2010, XIV, 462p.
4. Titova A. A. Objectivity of knowledge assessment with testing methods [Obektivnost' otsenki znaniy metodom testirovaniya]. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-3573.html>. Last accessed 25/09/2013.
5. Samylkina N. N. Modern tools of assessment of training results [Sovremennye sredstva otsenivaniya rezul'tatov obucheniya]. Moscow, Binom publ., 2007, 172 p.
6. Eliseeva I. I., Yuzbashev M. M. General theory of statistics [Obschaya teoriya statistiki]. Moscow, Finansy i statistika publ., 2004, 654 p.
7. Ponomarev V. M., Dovzhenko I. A. Improvement of forms and methods of training as one of the main trends of activities aimed at reducing level of industrial traumatism [Sovershenstvovanie form i metodov obucheniya kak odno iz osnovnykh napravleniy v rabote po snizheniyu urovnya proizvodstvennogo travmatizma]. Transactions of international scientific and practical conference «Technosphere and ecological transport safety» [Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tehnosfernaya i ekologicheskaya bezopasnost' na transporte»]. St Petersburg, 2008.

Координаты авторов (contact information): Пономарев В. М. (Ponomarev V. M.) – ponomarev.valentin@inbox.ru, Волков А. В. (Volkov A. V.) – anvolkov2006@yandex.ru, Лисиенкова А. В. (Lisienkova A. V.) – lav@raps.edu.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 11.02.2013
Принята к публикации / article accepted 25.02.2013

