

УДК 621:331.45

DOI: 10.25206/1813-8225-2019-167-5-9

**В. С. СЕРДЮК**  
**А. М. ДОБРЕНКО**  
**О. А. ЦОРИНА**  
**Е. В. БАКИКО**

Омский государственный  
технический университет,  
г. Омск

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РИСКАМИ НА ОБЪЕКТАХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

С целью обеспечения безопасных условий труда в машиностроении необходимо развивать методы управления производственными рисками на рабочих местах.

В работе предложен инженерный подход на основе использования математических моделей определения вероятностей возникновения неблагоприятных событий на рабочих местах для разработки методологии количественной оценки производственных рисков для заданных технологических процессов (операций) на объектах машиностроительного комплекса. Использование математических моделей позволяет однозначно оценивать изменения параметров технологического процесса с точки зрения их влияния на факторы риска и таким образом управлять безопасностью технологических процессов и повышать безопасность на рабочих местах.

**Ключевые слова:** производственные риски, факторы риска, количественная оценка риска, математические модели определения вероятностей событий, управление безопасностью технологических процессов.

**Введение.** Научно обоснованной разработкой методов оценки рисков и управления рисками исследователи активно занялись более 45 лет назад, хотя понятие риска и первые его оценки появились почти два с половиной века назад. За последнее время были разработаны различные стратегии, принципы, методологические подходы и методики оценки, анализа и управления рисками для организаций различных секторов экономики. Были достигнуты многочисленные значительные успехи, связанные с разработкой как теоретической базы методологических платформ, так и с разработкой практических методик, процедур и моделей [1].

Несмотря на зафиксированное Росстатом с 2001 по 2018 гг. [2] снижение показателей уровней производственного травматизма, потерянное производ-

ственное время на одного пострадавшего растет, то есть повышается тяжесть травматизма. В десятку самых опасных профессий попали и профессии машиностроительного комплекса.

В настоящее время в связи с вовлечением международных, а с декабря 2017 года и российских передовых крупных компаний и холдингов в концепцию видения нулевого травматизма «Vision Zero» потребность в количественной оценке производственных рисков возрастает.

Международный стандарт ISO 45001:2018 [3], в котором учитываются OHSAS 18001, Руководство ILO-OSH международной организации труда и другие различные международные и национальные стандарты и конвенции определяют, что эффективно функционирующая система управления охраной

труда и промышленной безопасностью на основе оценки и управления рисками и возможностями является стратегическим и оперативным решением для любой организации. То есть совершенствование технологических операций и, как следствие, технологических процессов должно сопровождаться минимизацией производственных рисков [4].

Концепция стремления к созданию безрисковых рабочих мест («стремление к нулю») посредством количественной оценки рисков и управления ими для ряда передовых в данной научной области секторов экономики является одной из приоритетных. Так, например, прошедшая в 2016 г. 10-я Международная конференция «Оценка мероприятий по обеспечению безопасности в нефтегазовой компании» показала единство участников конференции во мнении, что для повышения безопасности нефтегазового комплекса необходима количественная оценка рисков и управление ими [5]. Исследователи считают, что управление производственными и техногенными рисками является одной из ключевых возможностей международной конкурентоспособности [6].

**Постановка задачи.** На основе анализа публикаций известно, что наиболее исследованной областью является риск-менеджмент. То есть проведение анализа риска в соответствующей области для принятия управленческих решений. Авторы данной работы в своем исследовании используют инженерный подход для разработки методологии количественной оценки производственных рисков на объектах машиностроительного комплекса.

Вероятностные подходы к управлению рисками имеют давнюю традицию в инженерии. Большое разнообразие инструментов и методов оценки производственных рисков вызывает проблемы, в первую очередь, прикладного и практико-ориентированного характера. На практике при оценке рисков специалисты в организациях сталкиваются с неопределенностями, которые возникают из-за отсутствия статистических значений и передовой практики управления производственными рисками в России. Поэтому качество входных данных (экспертных оценок) влияет на представление результатов лицам, принимающим решения внутри компании [7].

За последние 10 лет необходимость применения риско-ориентированного подхода к управлению безопасностью через оценку рисков отмечают многие ученые в России. Так, профессор, д.т.н. Файнбург Г. З. обращает внимание, что управлять риском можно через управление поведением людей и совершенствование технических систем [8].

Управлять производственными рисками на основе их количественной оценки на объектах машиностроения возможно с применением инженерных комплексных систем. Так, например, методология анализа многомерных функций, основанная на комплексном системном моделировании на основе практических данных, соответствующих инструменту управления рисками, была разработана для организаций горнодобывающего сектора [9].

Возникающие проблемы снижения рисков на предприятиях машиностроительного комплекса можно решать на основе подхода, предложенного авторами. Его использование позволяет прогнозировать производственные риски и управлять ими по заданным технологическим процессам как в организациях машиностроения, так и в других отраслях.

Существующие в России методы оценки производственных рисков больше ориентированы непосредственно на их оценку и анализ, чем непосредственно на управление ими. Однако в ряде отраслей есть разработанные и исследованные методологические подходы управления рисками. Так, математическое описание расчета производственных рисков посредством совокупности уравнений регрессии для получения одномерной величины, описываемой вероятностью с целью выбора стратегии управления рисками охраны труда, исследовалось профессором, д.т.н. Пушенко С. А. в стройиндустрии.

Предложенный авторами подход показывает связь исходного состояния технологического процесса с итоговой величиной полученного производственного риска, что позволяет, изменяя состояние исходной производственной среды, прогнозировать изменение уровня итогового риска.

Возможность применения моделирования для оценки производственных рисков в различных областях машиностроения исследовали ученые разных стран, в том числе России. Для этого необходимо иметь четкое представление о характере исходных входных данных модели, области ее практического применения и значения полученного результата. Однако применение предложенных авторами или каких-либо иных математических моделей для оценки производственных рисков на рабочих местах машиностроительного комплекса для повышения безопасности труда (снижения рисков технологических операций) в настоящее время отсутствует.

В работе использована математическая модель зависимости снижения общего уровня рисков технологических процессов от снижения вероятностей воздействия опасных производственных факторов на рабочие места [8]. Рассматриваются примеры ее использования при решении вопросов снижения рисков технологического процесса обеспечения сжатым воздухом высокого давления производственных подразделений на объектах машиностроительного комплекса.

Для контроля снижения рисков заданного технологического процесса (операции) определенного объекта машиностроительного комплекса необходимо дать количественную оценку производственных рисков. Она может быть основана на применении экспертных оценок, результатах проведенных экспериментов или накопленных статистических данных на рабочих местах заданного объекта [10].

**Теория.** Пусть в компрессорном цехе технологический процесс обеспечения сжатым воздухом высокого давления производственных подразделений на временном промежутке  $T$  обслуживается  $n$  рабочими местами  $w_1, \dots, w_n$ . Для анализа его уровня опасности выделены  $m$  независимо действующих опасных факторов  $f_1, \dots, f_m$ . Для определения входных величин были использованы данные из практического опыта работы в машиностроительной отрасли [11, 12].

Этой ситуации соответствует карта уровней рисков технологического процесса на временном промежутке  $T$

$$\begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{m1} & \dots & P_{mn} \end{bmatrix},$$

где  $P_{ij}$  — вероятность воздействия фактора риска  $f_i$  на рабочее место  $w_j$  ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ).

Согласно работе [11]  $P_{ij} = P_i \cdot q_{ij}$ , где  $P_i$  — оценка вероятности возникновения фактора  $f_i$ ,  $q_{ij}$  — оценка вероятности попадания работающего на рабочем месте  $w_j$  в зону его воздействия при условии его возникновения. Общий уровень риска (уровень опасности технологического процесса относительно  $f_1, \dots, f_m$ ) оценивается по формуле

$$\bar{P} = 1 - \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (1 - P_{ij}). \quad (1)$$

При решении проблем управления безопасностью при работах в компрессорном цехе достаточно важными представляются следующие вопросы:

1. На сколько снизится общий уровень производственного риска  $\bar{P}$ , если удалось снизить некоторые элементы  $P_{ij}$  карты уровней рисков при обслуживании компрессорных установок.

2. Какие из элементов  $P_{ij}$  карты уровней рисков рабочих, осуществляющих работы в компрессорном цехе, и насколько нужно снизить, чтобы добиться снижения общего уровня производственного риска  $\bar{P}$  на заданную величину.

Для получения зависимости изменения общего уровня риска  $\bar{P}$  от изменений элементов карты уровней рисков  $P_{ij}$  воспользуемся следующим хорошо известным фактом из математического анализа: для функции  $f(x_1, \dots, x_N)$  в точке  $M_0(x_1^{(0)}, \dots, x_N^{(0)})$  справедливо приближенное равенство

$$\begin{aligned} f(x_1^{(0)} + \Delta x_1, \dots, x_N^{(0)} + \Delta x_N) - f(x_1^{(0)}, \dots, x_N^{(0)}) &\approx \\ &\approx \left. \frac{\partial f}{\partial x_1} \right|_{M_0} \cdot \Delta x_1 + \dots + \left. \frac{\partial f}{\partial x_N} \right|_{M_0} \cdot \Delta x_N \end{aligned}$$

(правая часть равенства — полный дифференциал функции  $f(x_1, \dots, x_N)$  в точке  $M_0$ ). Порядок ошибки этого равенства можно оценить как  $\max_i ((\Delta x_i)^2)$ .

Рассмотрим  $\bar{P}$  как функцию  $N = m \cdot n$  переменных

$$f(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{mn}) = 1 - \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (1 - x_{ij}),$$

для которой

$$\frac{\partial f}{\partial x_{ij}} = \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^m \prod_{\substack{s=1 \\ s \neq j}}^n (1 - x_{ks}).$$

Вычислим  $\frac{\partial f}{\partial x_{ij}}$  в точке  $M_0(P_{11}, P_{12}, \dots, P_{mn})$ , используя равенство (1).

$$\left. \frac{\partial f}{\partial x_{ij}} \right|_{M_0} = \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^m \prod_{\substack{s=1 \\ s \neq j}}^n (1 - P_{ks}) = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{ij}}.$$

Пусть  $\Delta P_{ij} \geq 0$ . Тогда

$$\begin{aligned} f(P_{11} - \Delta P_{11}, P_{12} - \Delta P_{12}, \dots, P_{mn} - \Delta P_{mn}) - \\ - f(P_{11}, P_{12}, \dots, P_{mn}) &\approx \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{ij}} \cdot (-\Delta P_{ij}). \end{aligned}$$

Следовательно, обозначив через  $\bar{P}_H$  общий уровень риска при уменьшении  $P_{ij}$  на величину  $\Delta P_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ), получаем формулу

$$\Delta \bar{P} = \bar{P} - \bar{P}_H \approx \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{ij}} \cdot (\Delta P_{ij}). \quad (2)$$

Порядок ошибки формулы  $\max_{ij} ((\Delta P_{ij})^2)$ .

Результат преобразований даёт возможность выполнять количественный анализ различных изменений технологического процесса и соответствующего уровня риска.

Рассмотрим применение полученного соотношения.

Ситуация 1. Необходимо количественно оценить величину снижения общего уровня риска при уменьшении вероятностей возникновения факторов риска (изменение технологических параметров в компрессорном цехе) и (или) при уменьшении вероятностей попадания работников в зону их воздействия (организационные изменения технологических процессов цеха).

Ситуация 2. Необходимо количественно оценить величину  $\Delta P_{ij}$  снижения вероятности воздействия какого-либо  $i$ -го фактора риска на  $j$ -ое рабочее место (при наличии такой возможности) для снижения общего уровня риска на заданную величину  $\Delta \bar{P}$ .

В первой ситуации используется формула (2), во второй — следующая, получаемая из (2), формула

$$\Delta P_{ij} \approx \frac{1 - P_{ij}}{1 - \bar{P}} \cdot \Delta \bar{P}. \quad (3)$$

**Результаты экспериментов.** Рассмотрим эти ситуации на примере выполнения работ в компрессорном цехе по обеспечению сжатым воздухом высокого давления производственных подразделений с заданными фактическими условиями, полученными при обработке статистических данных на предприятиях машиностроения. Основное оборудование — компрессорная установка.

В качестве времени, в течение которого оценивается воздействие факторов риска, возьмем продолжительность рабочей смены в цехе 12 часов. На данной операции заняты 2 работника, обслуживается 80 приборов (задвижек, манометров, датчиков и др.), которыми оборудованы установки.

Для упрощения, выделим и рассмотрим три встречающихся опасных производственных фактора риска: 1) отказ запорной арматуры магистрали сжатого воздуха, экспертная оценка количества возможных отказов — 1 на 400 циклов открытия-закрытия; 2) возникновение инцидента, при котором происходит замыкание электрической цепи через тело работника цеха, экспертная оценка количества возможных инцидентов — 1 на 13000 часов работы; 3) разрушение компрессорной установки — 1 случай на 20000 часов работы.

В качестве экспертных оценок времени попадания рассматриваемых работников в зону воздействия соответствующих факторов риска примем:

для машиниста компрессорных установок:

фактор риска  $f_1$  — 0,5 % времени рабочей смены;  $f_2$  — 25 % времени рабочей смены,  $f_3$  — 20 % времени рабочей смены;

для механика:  $f_1$  — 0,3 % времени рабочей смены;  $f_2$  — 10 % времени рабочей смены,  $f_3$  — 0,5 % времени рабочей смены.

Вычислим карту уровней рисков технологической операции относительно факторов риска  $f_1, f_2, f_3$  ( $m=3$ ) на временном промежутке  $T=12$  часов для работников соответствующих рабочих мест  $w_1, w_2$  (машинист компрессорных установок, механик,  $n=2$ ).

Вычислим оценку вероятности возникновения фактора риска  $f_1$  и  $f_2$ , используя распределение Пу-

ассона, по формуле  $P_1 = 1 - e^{-NR_0}$ , взяв, согласно исходным данным для  $f_1$ :  $N = 80$ ,  $P_0 = 1/400$ :

$$P_1 \approx 1 - e^{-0,2} \approx 0,181269.$$

Вычислим оценки вероятностей возникновения факторов риска  $f_2$  и  $f_3$  по формуле  $P = 1 - e^{-\lambda T}$ , приняв, согласно исходным данным,  $\lambda_2 = 1/13000$ ,  $\lambda_3 = 1/20000$  (соответственно для  $f_2$  и  $f_3$ ),  $T = 12$ :

$$P_2 \approx 1 - e^{-0,000077} \approx 0,0009227,$$

$$P_3 \approx 1 - e^{-0,00005} \approx 0,0006.$$

Тогда оценки вероятностей попадания работников соответствующих рабочих мест  $w_1$ ,  $w_2$  в зону действия факторов риска  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  в случае их возникновения, согласно исходным данным, будут

$$q_{11} = 0,005, q_{12} = 0,003, q_{21} = 0,25,$$

$$q_{22} = 0,1, q_{31} = 0,2, q_{32} = 0,005.$$

Вычислим карту уровней рисков выполнения заданной технологической операции в компрессорном цехе за время рабочей смены  $T$  ( $P_{ij} = P_i q_{ij}$ ):

$$P = \begin{bmatrix} 0,000906 & 0,000544 \\ 0,000231 & 0,000092 \\ 0,000120 & 0,000003 \end{bmatrix}.$$

Общий уровень риска, согласно формуле (1), будет

$$\bar{P} = 1 - \prod_{i=1}^3 \prod_{j=1}^2 (1 - P_{ij}) = 0,001895.$$

После вычисления коэффициентов из формулы (2):

$$\frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{11}} \approx 0,999011, \quad \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{12}} \approx 0,998648,$$

$$\frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{21}} \approx 0,998335, \quad \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{22}} \approx 0,998197,$$

$$\frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{31}} \approx 0,998255, \quad \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{32}} \approx 0,998108$$

формула (2) примет вид:

$$\begin{aligned} \Delta \bar{P} &= 0,999011 \cdot \Delta P_{11} + 0,998648 \cdot \Delta P_{12} + \\ &+ 0,998335 \cdot \Delta P_{21} + 0,998197 \cdot \Delta P_{22} + \\ &+ 0,998255 \cdot \Delta P_{31} + 0,998108 \cdot \Delta P_{32}. \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрим два примера использования полученных результатов для управления производственными рисками в исследуемом компрессорном цехе.

**Пример 1.** В рассматриваемом компрессорном цехе необходимо определить снижение общего уровня риска (уровень опасности) для предложенной технологической операции, если надежность запорной арматуры увеличить в два раза (оценка возможности отказов 1 на 800 циклов открытия-закрытия задвижки).

Исходя из заданных значений, получим

$$P_1^{(H)} = 1 - e^{-80 \cdot (1/800)} \approx 1 - e^{-0,1} \approx 0,095163.$$

Тогда в обновленной карте уровней рисков будет

$$P_{11}^{(H)} = P_1^{(H)} \cdot q_{11} = 0,000476,$$

$$P_{12}^{(H)} = P_1^{(H)} \cdot q_{12} = 0,000285,$$

при этом

$$\Delta P_{11} = P_{11} - P_{11}^{(H)} = 0,0004305,$$

$$\Delta P_{12} = P_{12} - P_{12}^{(H)} = 0,0002583,$$

$$\Delta P_{21} = \Delta P_{22} = \Delta P_{31} = \Delta P_{32} = 0.$$

Тогда из формулы, обозначенной (4), получаем

$$\begin{aligned} \Delta \bar{P} &= 0,999011 \cdot 0,0004305 + \\ &+ 0,998648 \cdot 0,0002583 = 0,000688. \end{aligned}$$

Таким образом, при увеличении надежности запорной арматуры в 2 раза уровень риска снизится на 36 % от общего уровня риска.

**Пример 2.** В цехе требуется снизить общий уровень риска для предложенной технологической операции на 10 %, т.е. с уровня  $\bar{P} = 0,001895$  до уровня  $\Delta \bar{P} = 0,0001898$ .

По формуле (3) получаем

$$\Delta P_{11} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{11}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,00001893,$$

$$\Delta P_{12} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{12}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,00001892,$$

$$\Delta P_{21} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{21}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,00001892,$$

$$\Delta P_{22} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{22}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,00001891,$$

$$\Delta P_{31} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{31}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,00001891,$$

$$\Delta P_{32} = \frac{1 - \bar{P}}{1 - P_{32}} \cdot \Delta \bar{P} = 0,00001891.$$

Сравнение  $\Delta P_{11}$ ,  $\Delta P_{12}$  с  $P_{11}$ ,  $P_{12}$  показывает, что для этого необходимо снизить вероятность воздействия фактора риска  $f_1$  на рабочее место  $w_1$  на 2,1 % или снизить вероятность воздействия  $f_1$  на рабочее место  $w_2$  на 3,5 %.

Сравнение  $\Delta P_{21}$ ,  $\Delta P_{22}$  с  $P_{21}$ ,  $P_{22}$  показывает, что для этого необходимо снизить вероятность воздействия фактора риска  $f_2$  на рабочее место  $w_1$  на 8,2 % или снизить вероятность воздействия  $f_2$  на рабочее место  $w_2$  на 20,5 %.

Сравнение  $\Delta P_{31}$  с  $P_{31}$  показывает, что для этого необходимо снизить вероятность воздействия фактора риска  $f_3$  на рабочее место  $w_1$  на 15,8 %; а сравнение  $\Delta P_{32}$  с  $P_{32}$  показывает, что снижением вероятности воздействия фактора риска  $f_3$  на рабочее место  $w_2$  добиться такого снижения общего уровня риска невозможно.

Предложенная модель расчета производственных рисков применялась авторами для количественной оценки производственного риска на рабочих местах других технологических процессов в организациях машиностроения [12].

**Обсуждение экспериментов.** Применение предложенного инженерного подхода расчета производственных рисков технологических процессов

с использованием математического моделирования позволяет:

1. Повысить мотивацию руководителей к организации и анализу статистики инцидентов в подразделениях для получения объективных экспертных оценок с целью повышения достоверности расчета факторов риска в подразделении.
2. Прогнозировать происшествия в подразделениях на основе расчета производственных рисков.
3. Прогнозировать простой оборудования и временную нетрудоспособность работников подразделения по причинам факторов риска.
4. Оценивать влияние на технологические процессы изменения факторов риска на рабочих местах.
5. Управлять факторами риска для снижения и предотвращения общего уровня риска технологических процессов (операций) на рабочих местах, в подразделениях и предприятии в целом.

**Заключение.** Предложенный инженерный подход к оценке производственных рисков с использованием математической модели позволяет автоматизировать количественную оценку производственных рисков различных технологических операций. Такой подход дает не только однозначно математическую оценку, анализ и прогноз рисков, но и обеспечивает управление производственными рисками на объектах машиностроительного комплекса.

#### Библиографический список

1. Terje A. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation // *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 253, Issue 1. P. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023.
2. Росстат. Федеральная служба государственной статистики. URL: [https://gks.ru/working\\_conditions](https://gks.ru/working_conditions) (дата обращения: 17.07.2019).
3. MANAGEMENT. URL: <http://iso-management.com/iso-45001-2018/> (дата обращения: 17.07.2019).
4. Karkoszka T. Operational monitoring in the technological process in the aspect of occupational risk // *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 13. P. 1463–1469. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.09.192.
5. Hussain M. A., Ahmed A., Rubiee S., Masud A. K. M. Safety Interventions Evaluation in an Oil and Gas Company // *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 194. P. 315–322. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.151.
6. Shuen A., Feiler P. F., Teece D. J. Dynamic capabilities in the upstream oil and gas sector: Managing next generation competition // *Energy Strategy Reviews*. 2014. Vol. 3. P. 5–13. DOI: 10.1016/j.esr.2014.05.002.
7. Tegeltija M., Oehmen J., Kozin I. Risk Management challenges in large-scale energy PSS // *Procedia CIRP*. 2017. Vol. 64. P. 169–174. DOI: 10.1016/j.procir.2017.03.023.
8. Файнбург Г. З. Безопасность и управление рисками трудовой деятельности: принципы и методы их реализации // *Вестник Пермского национального исследовательского поли-*

технического университета. Безопасность и управление рисками. 2014. № 1. С. 174–186.

9. Domingues M. S. Q., Baptista A. L. F., Diogo M. T. Engineering complex systems applied to risk management in the mining industry // *International Journal of Mining Science and Technology*. 2017. Vol. 27, Issue 4. P. 611–616. DOI: 10.1016/j.ijmst.2017.05.007.
10. Kudryavtsev S. S., Yemelin P. V., Yemelina N. K. The Development of a Risk Management System in the Field of Industrial Safety in the Republic of Kazakhstan // *Safety and Health at Work*. 2017. Vol. 9, Issue 1. P. 30–41. DOI: 10.1016/j.shaw.2017.06.003.
11. Горяга А. В., Сердюк В. С., Добренко А. М. [и др.]. Математические модели производственных рисков и систем защиты: моногр. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. 102 с. ISBN 978-5-8149-1903-8.
12. Serdyuk V. S., Dobrenko A. M., Tsorina O. A. [et al.]. Mathematical models for estimating production risks // *IOP Conf. Series: Journal of Physics*. 2018. Vol. 1050. P. 012077-1–012077-5. DOI: 10.1088/1742-6596/1050/1/012077.

**СЕРДЮК Виталий Степанович**, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Промышленная экология и безопасность».

SPIN-код: 9729-9391

AuthorID (РИНЦ): 175179

AuthorID (SCOPUS): 57203345215

Адрес для переписки: [ibgd.omsk@yandex.ru](mailto:ibgd.omsk@yandex.ru)

**ДОБРЕНКО Александр Максимович**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность».

SPIN-код: 1929-0820

AuthorID (РИНЦ): 739377

AuthorID (SCOPUS): 57203338423

Адрес для переписки: [bgdomgtu@mail.ru](mailto:bgdomgtu@mail.ru)

**ЦОРИНА Ольга Александровна**, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность».

SPIN-код 5418-4924

AuthorID (РИНЦ): 736396

ORCID: 0000-0002-4302-7444

AuthorID (SCOPUS): 57203343595

Адрес для переписки: [olika-ts@yandex.ru](mailto:olika-ts@yandex.ru)

**БАКИКО Елена Владимировна**, доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность».

SPIN-код: 2103-4976

AuthorID (РИНЦ): 893612

ORCID: 0000-002-7673-4428

AuthorID (SCOPUS): 57203343551

Адрес для переписки: [Bakiko@mail.ru](mailto:Bakiko@mail.ru)

#### Для цитирования

Сердюк В. С., Добренко А. М., Цорина О. А., Бакико Е. В. Управление производственными рисками на объектах машиностроительного комплекса // *Омский научный вестник*. 2019. № 5 (167). С. 5–9. DOI: 10.25206/1813-8225-2019-167-5-9.

Статья поступила в редакцию 17.09.2019 г.

© В. С. Сердюк, А. М. Добренко, О. А. Цорина, Е. В. Бакико