

Охрана труда (по отраслям)

УДК 371.3

Д.Ю. Алекин, Е.В. Романцова, Г.Н. Яговкин

ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ В СТРУКТУРЕ ФОРМИРОВАНИЯ АВАРИЙ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Аннотация. В работе проведен анализ известных теорий формирования несчастных случаев, который позволил сформулировать концепцию причин возникновения аварийных ситуаций и несчастных случаев. Сформулированы основные причины и закономерности возникновения опасности и обоснована последовательность событий – предпосылок их появления. Построена обобщенная схема причинно-следственных связей в структуре формирования аварий и несчастных случаев.

Ключевые слова: авария, несчастный случай, опасность, концепция, причинно-следственные связи, структура, причины.

Для цитирования: Алекин Д.Ю., Романцова Е.В., Яговкин Г.Н. Причинно-следственные связи в структуре формирования аварий и несчастных случаев // Управление техносферой: электрон. журнал. 2019. Т. 2. Вып. 1. URL: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

Несчастные случаи на производстве – это происшествия, которые могут привести к травмированию работающих и повреждению имущества. Нет двух одинаковых причин их возникновения. Поэтому их обычно обобщают и группируют. Без понимания причин возникновения предотвратить их крайне трудно. Процесс формирования причин разработан в ряде зарубежных теорий этиологии несчастных случаев, тем не менее до сих пор отсутствуют концептуальные начала [1]. Объединение этих теорий формирует концепцию ноксологии, одним из элементов которой является формирование причин возникновения опасности.

Опасность – это явления и процессы, способные в определенных условиях при воздействии различных факторов окружающей среды привести к аварии и нанести ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно [2]. Она возникает при освобождении накопленных или получаемых энергетических потенциалов при реализации всякого производственного процесса [3]. Энтропия

любой системы обратно пропорциональна величине, накопленной в ней энергии, т.е. той, которая способна к дальнейшим превращениям. Она является мерой вероятности пребывания системы в данном состоянии, что отражает ее тенденцию, состоящей из очень большого числа хаотически движущихся частиц, к самопроизвольному переходу из состояний менее вероятных в более вероятные. Любая физическая система при переходе из одного состояния в другое имеет очень большую энтропию, т.е. неустойчива и поэтому опасна. Оценить можно следующим образом.

Опасность, связанную с неопределенностью H_i характеризует скорость ее изменения V_j :

$$V_j = \frac{dH}{dt} \quad (1)$$

где t – промежуток времени изменения энтропии.

Более точной характеристикой является отношение скорости изменения энтропии к ее остаточной величине f_j

$$f_j = \frac{V_j}{H_0} \quad (2)$$

Усреднив $f_j(t)$ за промежуток времени T получаем интегральный критерий f :

$$f = \int_0^T f_j(t) dt \quad (3)$$

который учитывает основные показатели энтропии – скорость изменения и величину после изменения за установленный промежуток времени.

Система в этом случае – это совокупность взаимосвязанных компонентов производственной среды, взаимодействующих между собой таким образом, что достигается определенный результат. Под ее компонентами понимают не только материальные (персонал, машины и оборудование, приспособления, инструмент, материалы и полуфабрикаты и др.) и энергетические объекты (вибраакустические факторы, ЭМИ, подвижные части машин и механизмов и

пр.), но и отношения – связи между ними, которые осуществляются в том числе и с помощью работающего[4].

Опасность носит вероятностный характер [5] и может быть причиной аварии и повреждения здоровья человека. В последнем случае процесс деятельности можно представить в виде модели взаимодействия двух сложных подсистем: человека и производственной среды, между которыми установлены реактивные связи. Результатом взаимодействия элементов подсистемы являются два эффекта: положительный – созидание чего-либо и отрицательный – риска возникновения аварий и нанесения ущерба здоровью человека.

Пространство, в котором постоянно существуют или периодически возникают опасности называется ноксосферой, а в котором находится человек – гомосферой. Их совмещение формирует зону причин возникновения несчастных случаев – зону риска (рис. 1).

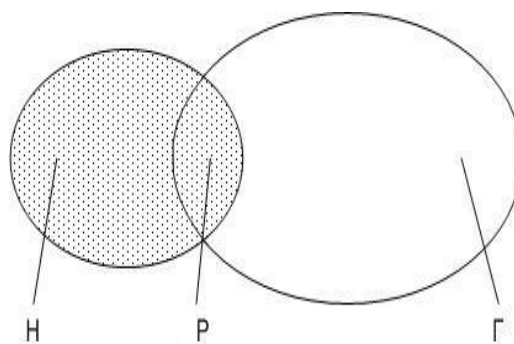


Рис. 1. Схема формирования зоны риска

Примечание: Н – зона формирования профессиональных опасностей (ноксосфера);

Г – зона деятельности человека (гомосфера); Р – зона формирования риска

Возникновению зоны риска способствуют, как правило, несколько предпосылок, образующих причинную цепь. Наиболее типичной причинной цепью является последовательность событий-предпосылок следующего вида [6]:

а) ошибка человека и (или) отказ технологического оборудования и (или) недопустимое внешнее воздействие;

- б) появление опасного фактора в неожиданном месте и (или) не вовремя;
- в) неисправность либо отсутствие средств защиты и (или) неточные действия работающих, либо посторонних этой ситуации;
- г) воздействие опасных и (или) вредных производственных факторов на незащищенные элементы технологического оборудование людей окружающую их среду.

На основании имеющейся статистики [7] можно утверждать о доминирующей роли работающих в формировании первичных условий для возникновения происшествий. Это подтверждается тем, что доля исходных предпосылок, вызванных ошибочными и несанкционированными действиями людей, составляет более 30% от всех случаев аварийности и травматизма, а используемое технологическое оборудование является непосредственной причиной в 25% случаев.

Существует семь основных причин и ряд факторов психологического характера опасного поведения людей [8].

Первая заключается в том, что создаваемые для удовлетворения потребностей человека орудия, механизмы, технические средства и системы стали причиной существенного отставания его физических и психических возможностей от возросшего уровня внешней опасности. С развитием техники и технологий опасность растет быстрее, чем человеческое противодействие ей.

Второй причиной более жестких и опасных условий труда и жизни людей является объективный рост цены ошибки или преднамеренного нарушения норм безопасности.

Третья причина, способствующая росту травматизма - адаптация человека к опасности. При этом основная масса людей практически лишена информации о том, как часто происходят несчастные случаи при взаимодействии с тем или иным видом техники или технологии, и перестает бояться опасности.

Четвертая причина – иллюзия безнаказанности. С ростом надежности технологических процессов и оборудования и повышением общего уровня

безопасности производства нарушители Правил безопасности (ПБ) начинают верить в свою неуязвимость, поскольку они уже делали это неоднократно и всё обходилось. Таким образом, вырабатывается кредо поведения, порождающее иллюзию того, что нарушение ПБ возможно и безопасно.

Пятая причина – снижение интенсивности самообучения. С повышением надежности оборудования у работающего меньше возможности для повышения своей квалификации при поиске и устранении отказов.

Шестая причина – преднамеренное завышение требований безопасности, которые в данное время объективно не могут быть выполнены.

Седьмая причина – конфликт безопасности и производительности труда, т.к. виды работ по соблюдению требований норм и ПБ чаще всего не дают прямой непосредственной отдачи и прироста производительности и даже осложняют технологические процессы за счет пауз и операций по обеспечению безопасности.

Опасность формирует причины возникновения аварийности и травматизма, которыми часто являются недостаточная надежность и эргономичность отдельных образцов технологического оборудования, несовершенство отбора и профессиональной подготовки самих работающих, низкое качество технологии и организации выполнения работ, приводящие к необходимости пребывания людей в потенциально опасных зонах, а также факторы, связанные с дискомфортом условий труда при выполнении работ. Большинство из этих факторов не всегда приводят к возникновению происшествий, но значительно усложняют условия их выполнения за счет строгой регламентации технологии, необходимости соблюдения многочисленных мероприятий по обеспечению безопасности, способствуя тем самым росту напряженности труда и связанных с этим ошибок.

Среди способствующих причин можно выделить слабые практические навыки работающих в нестандартных или сложных ситуациях, неумение правильно оценивать информацию о состоянии протекающих с их участием

процессов, низкое качество конструкции рабочих мест, недостаточную в ряде случаев технологическую дисциплинированность исполнителей и т.п.

Закономерности появления причин аварийности и травматизма следующие [9]:

а) их можно интерпретировать как совокупности потоков случайных событий, количество которых на ограниченных интервалах времени распределено по закону Пуассона, а время между появлением отдельных происшествий – по экспоненциальному закону;

б) появление каждого конкретного происшествия или профессионального заболевания работающих является, как правило, следствием не отдельно взятой причины, а результатом возникновения и развития причинной цепи предпосылок;

в) инициаторами причинных цепей происшествий служат либо ошибки людей, обусловленные их недостаточной профессиональной подготовленностью к работам с техникой, которая характеризуется конструктивным несовершенством и потенциально опасной технологией ее использования, либо отказы технологического оборудования, вызванные собственно низкой его надежностью, а также возникшие в результате ошибочных действий работающих, либо нерасчетные или неожиданные воздействия на людей и технику извне.

Классифицировать причины несчастных случаев и аварий можно с использованием обобщенной схемы причинно-следственных связей (рис. 2).

Они делятся на три группы: основные, вспомогательные и связанные с человеческим фактором [10].

Основные причины в свою очередь включают две группы: опасные действия и опасные условия.

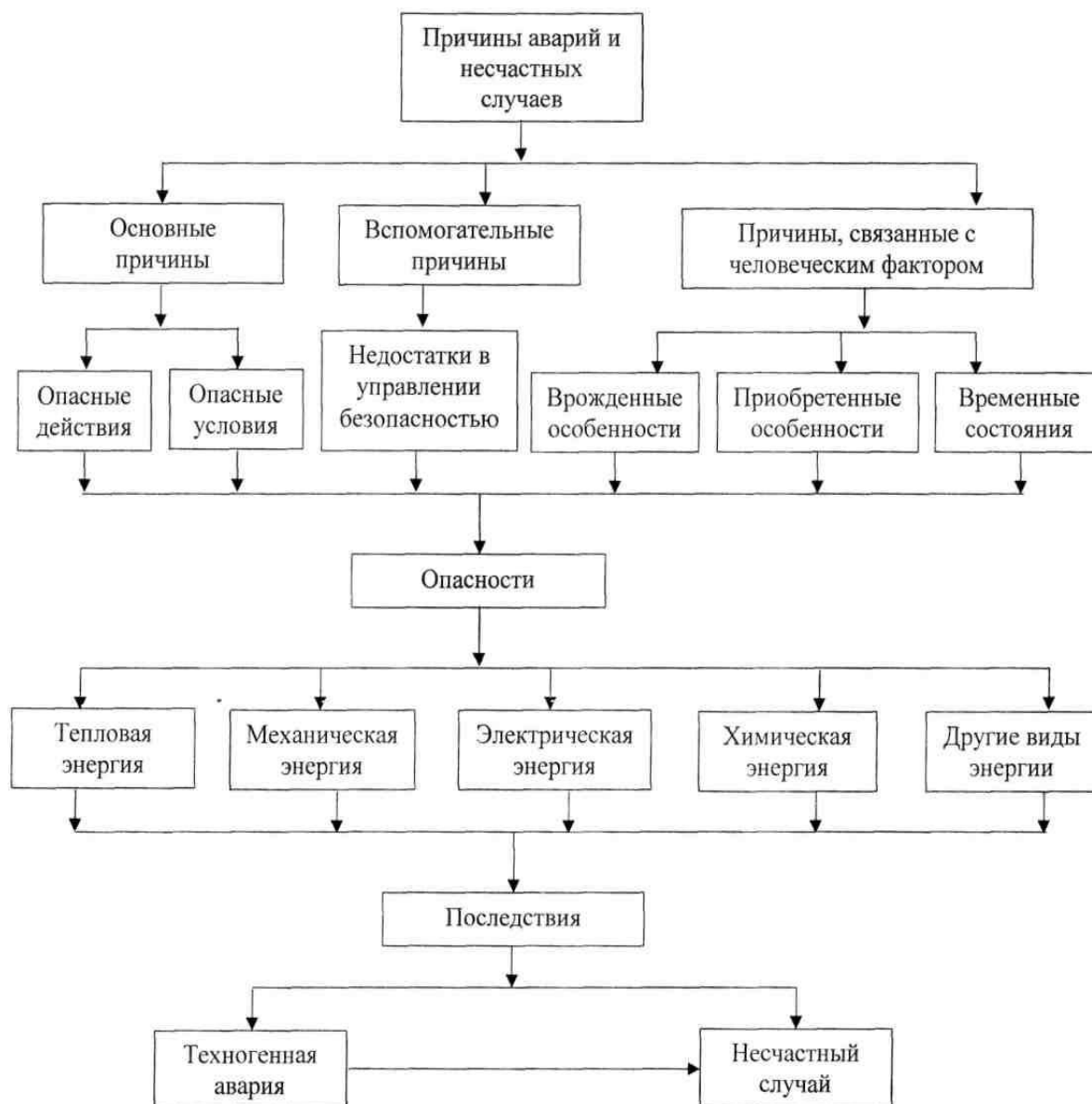


Рис. 2. Обобщенная схема причинно-следственных связей в структуре формирования аварий и несчастных случаев

Опасные действия предлагается классифицировать следующим образом:

- частичное или абсолютное неиспользование защитных устройств, например, блокирование ограждающих устройств с целью ускорения выполнения технологических операций и т.п.;
- неиспользование или частичное использование средств индивидуальной защиты, вследствие того, что они обычно затрудняют выполнение работы и тем самым снижают производительность труда;

- использование непригодных для выполнения данной работы инструмента и приспособлений, что чаще всего имеет место при выполнении простых ручных операций (загрузка и выгрузка заготовок при термообработке в условиях штучного производства и т.п.); другие опасные действия.

Опасные условия могут иметь место, если [11]:

- условия труда носят вредный и опасный характер, например, стесненность рабочих мест, недостаточная освещенность рабочего места, наличие повышенного по отношению к нормам уровня шума или вибрации и т.п.;

- средства индивидуальной защиты не соответствуют выполняемой работе, например, противошумы по частоте не соответствуют спектру шума на рабочем месте и таким образом не только не защищают слуховой аппарат, а более того, усугубляют вредное воздействие шума;

- защитные средства не обладают достаточной эффективностью, например, рабочее место с повышенным уровнем шума оборудовано так, что должным образом не обеспечивает снижение шума на соседнем рабочем месте;

- существуют другие опасные условия.

Вспомогательные причины определяются недостатками при управлении безопасностью, которые частично определяются внешней средой и в значительной мере внутренней. Влияние внешней среды сказывается в отсутствии или недостаточности государственной или отраслевой нормативно-технической базы, которая зачастую либо не полна, либо носит рекомендательный характер.

Внутренняя среда является потенциальной причиной несчастных случаев, если не в полной мере учитывается «человеческий фактор», слабо поставлена организационная работа по обеспечению безопасности, плохо используется информационная база данных, а управление безопасности зависит только от компетентности руководящего органа [12].

Недостатки внутренней среды связаны с недоработкой в работе с

персоналом со стороны работодателя, организационными причинами, слабой информационной базой и использованием «ручной» системы управления.

Персонал по своим качествам далеко не всегда соответствует выполняемой работе. Это объясняется отсутствием или некачественным профессиональным отбором, недостатками профессионального обучения, отсутствием системы мотивации к безопасной деятельности, нерациональным режимом труда и отдыха и т.п.

Организационные причины в значительной степени определяются недостаточным надзором и контролем за производством работ.

Недостатки в управлении вызваны тем, что система выбора профилактических мероприятий определяется субъективно и в значительной мере зависит от объема финансирования, которое зачастую должным образом не обосновано.

Человеческий фактор определяется ошибочными действиями персонала. Механизм, побуждающий человека к ошибкам, базируется на врожденных и приобретенных особенностях и также временных состояниях [13]. Врожденные особенности зависят от состояния анализаторов человека (слух, зрение), двигательной системы (мышечная сила, скорость и координация движения), психомоторной системы. Приобретенные определяются интеллектом (способностью воспринимать, хранить, трансформировать информацию и ориентироваться в ней). Временное состояние характеризуется работоспособностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекина Е.В., Мельникова Д.А., Яговкин Г.Н. Теоретические основы формирования интегративной системы управления безопасностью производства / под общ. ред. Г.Н. Яговкина: монография. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. 281 с.
2. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. М.: ГНТБ «Безопасность». МИБ, СТС. 1996. 424 с.

3. Браун Д. Б. Анализ и разработка систем обеспечения техники безопасности / пер. с англ. М.: Машиностроение, 1979. 359 с.
4. Вероятностный анализ безопасности АС. М.: ЯЭ, 1992. 226 с.
5. Грабовый П.Г. Риски в современном бизнесе. М: Альянс, 1994. 200 с.
6. Квейд Э. Анализ сложных систем: (методология анализа при подготовке военных решений) / пер. с англ. М.: Советское радио, 1969. 520 с.
7. Крон Г. Исследование сложных систем по частям. М.: Наука, 1972. 542
8. Лапин В.Л. Безопасное взаимодействие человека с техническими системами: учеб. пособие. Курск: Курский гос. техн. ун-т., 1995. 238 с.
9. Мельникова Д.А., Яговкин Н.Г., Лужаева Е.М. Моделирование опасности при количественной оценке риска // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте: сб. ст. Всерос. науч.-тех. конф. для мол. уч. и студ. с междунар. участием (12 – 14 марта 2015). Пенза: РИО ПГСХА, 2015. С. 158 – 161.
10. Файнбург Г.З. Корпоративные системы управления охраной труда // Управление охраной труда, Вып. 5. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2004. 124 с.
11. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К. Структура многоуровневых и крупно-масштабных систем. Синтез и планирование развития. М.: Наука, 1993. 160 с.
12. Шибалкин О.Ю. Проблемы и методы построения сценариев социально-экономического развития. М.: Наука, 1992. 176 с.
13. Rappaport A. Creating shareholder value: the new standard for business performance, NY: Free Press; London: Collier Macmillan, 323 p.

Поступила в редакцию 12.01.2019

Сведения об авторах

Алекин Дмитрий Юрьевич

аспирант, ФГБОУ ВО СамГТУ, г Самара ул. Молодогвардейская 244,

E-mail: alekin.dy@gmail.com

Романцова Екатерина Валентиновна

аспирант, ФГБОУ ВО СамГТУ, г Самара ул. Молодогвардейская 244,

E-mail: Bjd@list.ru

Яговкин Герман Николаевич,

д.т.н, профессор, ФГБОУ ВО СамГТУ, г Самара ул. Молодогвардейская 244,

E-mail: Bjd@list.ru

D.Y. Alekin, E.V. Romantsova, G.N. Yagovkin

THE CAUSES AND RELATIONSHIPS IN THE STRUCTURE OF FORM-EVENTS OF ACCIDENTS AND ACCIDENTS

Annotation. The paper analyzes the known theories of the formation of accidents, which made it possible to formulate the concept of the causes of accidents and accidents. The main causes and patterns of the occurrence of danger are formulated and the sequence of events – the prerequisites of their occurrence – is grounded. A generalized scheme of causal relationships in the structure of the formation of accidents and accidents was built.

Keywords: accident, accident, danger, concept, cause-and-effect relationships, structure, causes.

For citation: Alekin D.Y., Romantsova E.V., Yagovkin G.N. [The causes and relationships in the structure of form-events of accidents and accidents]. *Upravlenie texnosferoj*, 2019, vol. 2, issue 1. (In Russ) Available at: <http://f-ing.udsu.ru/technosphere>

REFERENCES

1. Alekina E.V., Mel'nikova D.A., Yagovkin G.N. *Teoreticheskiye osnovy formirovaniya integrativnoy sistemy upravleniya bezopasnost'yu proizvodstva* [Theoretical foundations of the formation of an integrative production safety management system]: monography [ed. by G.N. Yagovkina]. Samara: Samar. State Tech. Univ., 2017, 281 p. (In Russ)
2. Belov P.G. *Teoreticheskiye osnovy sistemnoy inzhenerii bezopasnosti*. [Theoretical foundations of system engineering security]. Moscow: GNTB «Security», 1996, 424 p. (In Russ)
3. Braun D. B. [Analysis and development of systems for providing safety engineering]. Moscow: Mechanical Engineering, 1979, 359 p. Translated under the title: *Analiz i razrabotka sistem obespecheniya tekhniki bezopasnosti*. Moscow: Mashinostroyeniye, 1979, 359 p.
4. *Veroyatnostnyy analiz bezopasnosti AS* [Probabilistic safety analysis of the AU]. Moscow: YAE, 1992. 226 p. (In Russ)
5. Grabovyy P.G. *Riski v sovremennom biznese* [Risks in modern business]. Moscow: Alliance, 1994, 200 p. (In Russ)
6. Kveyd E. [Analysis of complex systems: (analysis methodology for the preparation of military solutions)]. Moscow: Soviet Radio, 1969. 519 p. Translated under the title: *Analiz slozhnykh sistem: (metodologiya analiza pri podgotovke voyennykh resheniy)*. Moscow: Sovetskoye radio, 1969, 519 p.
7. Kron G. *Issledovaniye slozhnykh sistem po chastyam* [Study of complex systems in parts]. Moscow: Nauka, 1972, 542 p. (In Russ)

8. Lapin V.L. *Bezopasnoye vzaimodeystviye cheloveka s tekhnicheskimi sistemami* [Safe human interaction with technical systems]: textbook. Kursk: State Tech. Un-ty, 1995, 238 p. (In Russ)
9. Mel'nikova D.A., YAgovkin N.G., Luzhayeva E.M. [Hazard modeling in quantitative risk assessment], *Innovatsii tekhnicheskikh resheniy v mashinostroyenii i transporte: sb. st. Vseros. nauch.-tekh. konf. dlya mol. uch. i stud. s mezhdunar. uchastiyem (12 – 14 marta 2015). [Innovations of technical solutions in engineering and transport]: collection of articles of All-Russ. scientific-tech conf. for mol. uch. and stud. from Intern. Participation (March 12 – 14, 2015). Penza, RIO PGSA, 2015, pp. 158 – 161. (In Russ)*
10. Faynburg G.Z. [Corporate Labor Safety Management Systems], *Upravleniye okhranoy truda*, vol. 5, Perm: State Technical University, 2004, 124 p. (In Russ)
11. TSvirkun A.D., Akinfiyev V.K. *Struktura mnogourovnevnykh i krupno-masshtabnykh sistem. Sintez i planirovaniye razvitiya* [The structure of multi-level and large-scale systems. Synthesis and development planning]. Moscow: Nauka, 1993, 160 p. (In Russ)
12. SHibalkin O.YU. *Problemy i metody postroyeniya stsenariyev sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya* [Problems and methods for constructing scenarios of socio-economic development]. Moscow: Nauka, 1992, 176 p. (In Russ)
13. Rappaport A. *Creating shareholder value: the new standard for business performance*, NY: Free Press; London: Collier Macmillan, 323 p.

Received 12.01.2019

About the Authors

Alekin Dmitry Yuryevich

graduate student, Samara State Technical University,
Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

E-mail: alekin.dy@gmail.com

Romantsova Ekaterina Valentinovna

graduate student, Samara State Technical University,
Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

E-mail: Bjd@list.ru

Yagovkin German Nikolaevich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Samara State Technical University,
Samara, Molodogvardeyskaya st., 244

E-mail: Bjd@list.ru