

Кривова Маргарита Андреевна,
Самарский государственный технический университет

Яговкин Кирилл Петрович,
ГБОУ СО "Гимназия №11 (Базовая школа РАН)"

ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОПАСНОСТИ НА БАЗЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Аннотация. Разработан план проведения идентификации опасности на производственном предприятии. Он включает проблемно-ориентированное описание объекта идентификации опасности, системный анализ информации и оценку уровня опасности. Эти действия позволяют разработать эффективные профилактические мероприятия по обеспечению безопасности.

Ключевые слова: Безопасность, идентификация опасности, проблемно-ориентированное описание, системный анализ. Модель, система, дерево происшествий, вероятность, профилактические мероприятия.

Всякая деятельность человека для того, чтобы быть эффективной должна носить плановый характер и реализоваться на базе системного подхода. Она должна соответствовать общепринятой научной парадигме «нельзя добиться ясности в рассуждениях, не внося ее предварительно в определения» В соответствии с этим требованием при планировании идентификации производственной опасности, должна быть обоснованы особенности современных технологических процессов, процедура формирования опасности и происшествий, методика планирования их идентификации [1].

Современная производственная деятельность осуществляется с использованием средств производства. Она предназначена для получения того или иного вида продукции (полезное функционирование). Одновременно допускается возможность возникновения аварий и травмирования работающих (вредный результат функционирования). Поведение людей и техники в свою очередь зависит от состояния факторов окружающей среды, которые определяются состоянием человека, исправность оборудования, технологией и организацией работ.

Изменение в характере деятельности человека, неисправное оборудование и неблагоприятные факторы рабочей среды создают предпосылки к формированию производственной опасности (возникновение опасных и вредных производственных факторов), которые приводят к происшествиям (вредный результат функционирования).

Наиболее типичной целью предпосылок к происшествиям является следующая [2]:

- ошибка человека и(или) отказ технологического оборудования или недопустимое воздействие на них факторов рабочей среды;
- появление опасных факторов неожиданно или не вовремя;
- неисправность или отсутствие защитных средств;
- формирование производственной опасности;
- воздействие факторов, характеризующих производственную опасность на людей и технику;
- воздействие факторов, характеризующих производственную опасность на людей и технику;
- возникновение ущерба у персонала предприятия и (или) материальные убытки.

Приведение соображения подтверждают представление технологического процесса в виде сложной системы. Она является качественно новым образованием по сравнению с ее компонентами и характеризуется невозможностью появления опасностей от них вне системы,



т.е. без учета взаимосвязей и взаимозависимостей. Кроме того, структура системы и взаимодействующие в ней цепочки обратной связи определяют ее поведение и возникающие при этом проблемы. Этот принцип системной динамики проявляется в образовании причинной цепи предпосылок к происшествиям, которые созданы внутрисистемными связями [3].

Другими словами, систему характеризуют элементы, связанные между собой. Целенаправленность поведения системы проявляется в стремлении к сохранению неизменности на дискретных промежутках времени, обусловленных внутрисистемными причинами и приспособительной реакцией к внешним воздействующим факторам, путем адаптации к ним.

Внутрисистемные связи элементов системы делают необходимым рассматривать процедуру идентификации производственных опасностей во взаимосвязи их между собой, т.е. системно. Следовательно, структура процесса планирования идентификации опасности должна рассматриваться как структура планирования системы определения уровней производственной опасности, основанная на применении гибкой системной методологии. Она должна состоять из трех частей:

- проблемно - ориентированное описание;
- системный анализ;
- количественное определение показателей идентификации (производственной опасности)

Структура планирования системной идентификации производственной опасности приведена на рис. 1.

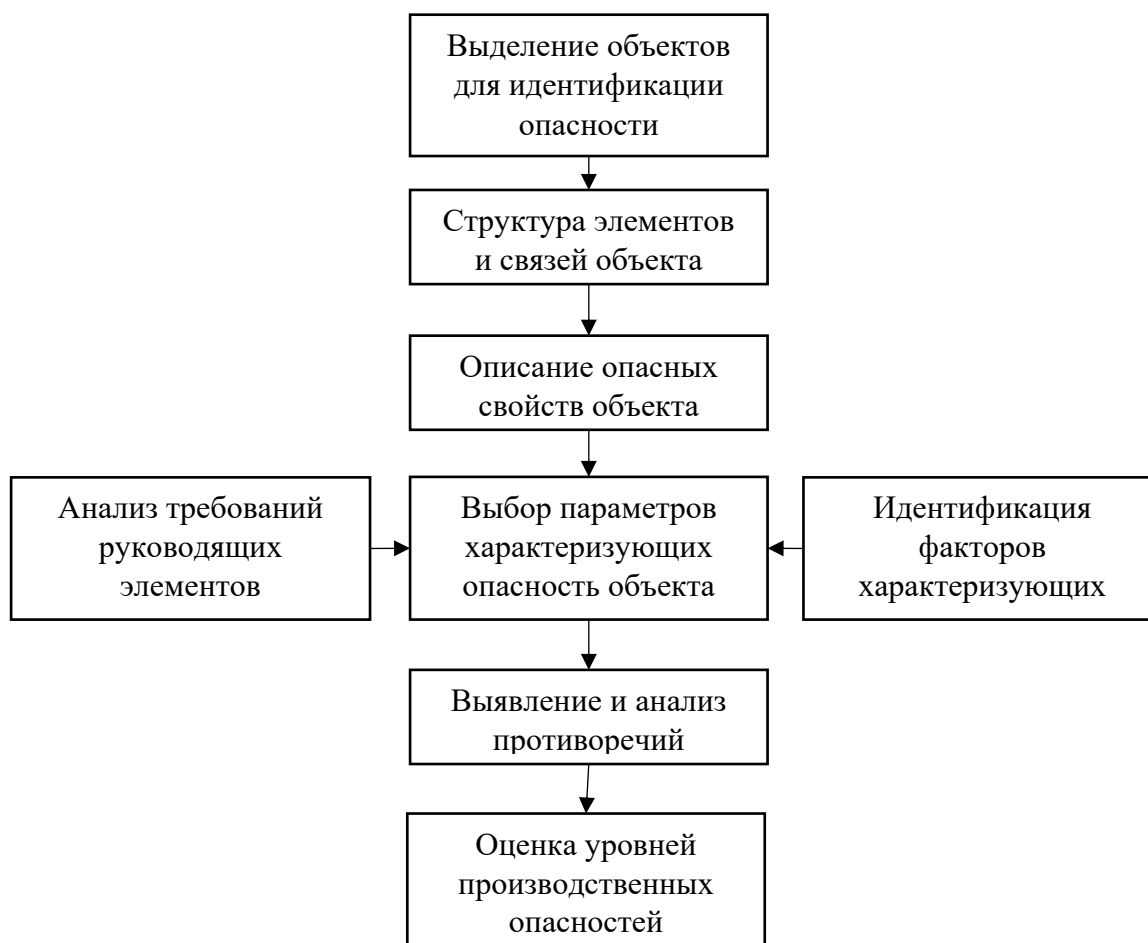


Рис. 1. Схема планирования идентификации производственной опасности объектов на базе системного подхода.



Проблемно-ориентированное описание объектов выполняется в следующей последовательности:

- выделение объектов для идентификации опасности;
- формирование структуры элементов и связей объекта;
- описание признаков-свойств объекта и окружения;
- выбор параметров, характеризующих опасность объекта.

Выделение объектов для идентификации опасностей имеет большое значение для планирования этой деятельности. Объекты выстраиваются в последовательность идентификации с учетом энергоемкости и количества происшествий как приведших к ущербу, так и без него. Эта последовательность позволяет планировать деятельность по идентификации опасности с учетом частоты возникновения происшествий и величины возможного ущерба.

Структура элементов и связей объектов приведена на рис. 2. В виде обобщенной модели сложной системы.

Модель включает работающих (человека – Ч), технологическое оборудование (машину – М), рабочую среду (среду – С), взаимодействующих между собой по заданной технологии и установленной организации работ (технологии – Т). Модель содержит также связи между ними и с окружающей систему средой. Эти связи изображены на рисунке в виде стрелок, а границы, отделяющие рассматриваемую систему от внешней среды, показаны штриховой линией в форме прямоугольника с закруглёнными углами.

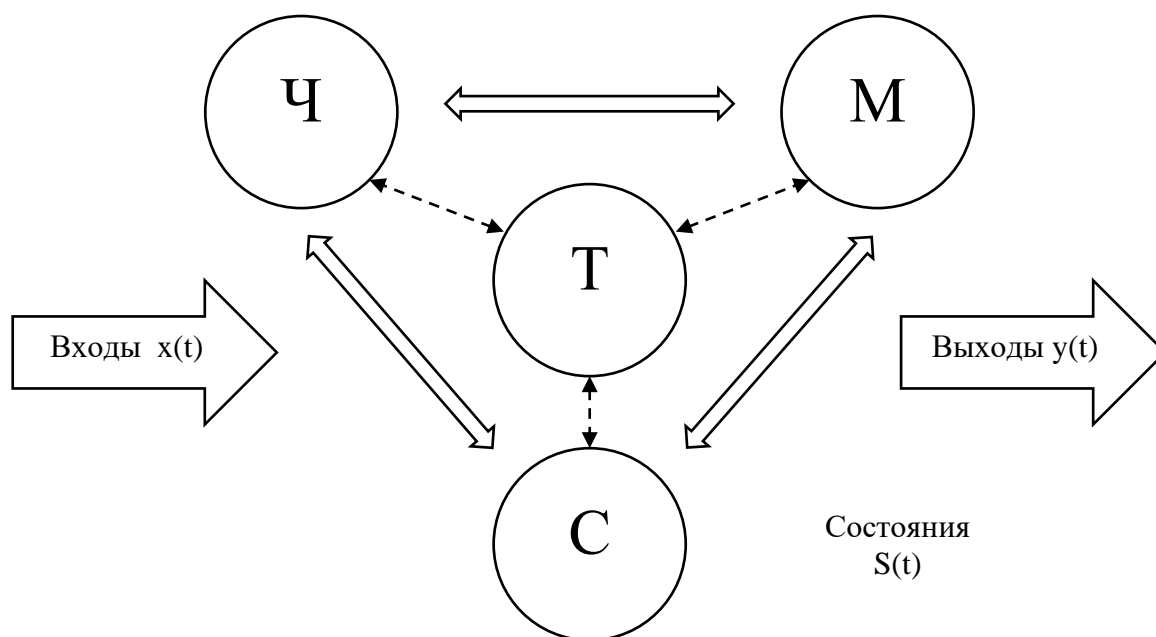


Рис. 2. Обобщенная модель взаимодействия элементов объекта

Процесс функционирования и динамика системы характеризуется введением пространства и траектории изменения ее состояний во времени. В модели объекта использованы следующие векторные обозначения: $X(t)$ – входные и ограничивающие воздействия на систему (заданные функции, установленные интервалы времени, выделенные ресурсы, требуемые условия работ), $S(t)$ – состояния самой системы (безопасное, опасное, предаварийное, послеаварийное), $Y(t)$ – выходные воздействия системы на внешнюю среду (полезные и вредные результаты функционирования). Названные состояния и векторные



характеристики определяются структурой системы, включающей выше перечисленные элементы с их взаимосвязями, которые также рассматриваются переменными во времени.

Опасные свойства объекта характеризуются опасностями, возникающими при взаимодействии его элементов (см. рис. 2). Происшествия происходят при сбоях или неисправностях технологического оборудования в результате неуправляемого выхода накопленной в нем энергии. Эти инциденты происходят под влиянием внутренних и внешних факторов. Внутренними факторами является износ его элементов, тепловое расширение, деформация деталей под действием вибрации и т.п. Внешними факторами могут быть ошибочные действия человека или опасное влияние на оборудование факторов рабочей среды (тепла, пыли, влаги и т.д.). Факторы рабочей среды могут оказывать и негативное влияние на работающих, ухудшая его состояние и снижая работоспособность, что способствует возникновению ошибок у человека.

Выбрать параметры, характеризующие опасные свойства объекта можно, если построить «дерево происшествий». Его структура включает одно, размещенное сверху событие – происшествие, которое соединяется с набором соответствующих событий – предпосылок (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних событий), образующих определенные их цепи или «ветви». «Листьями на ветвях» «дерева происшествий» служат инициаторы причинных цепей, рассматриваемые как постулируемые исходные события, дальнейшая детализация которых нецелесообразна.

Дерево происшествий для объекта идентификации опасности приведено на рисунке 3.

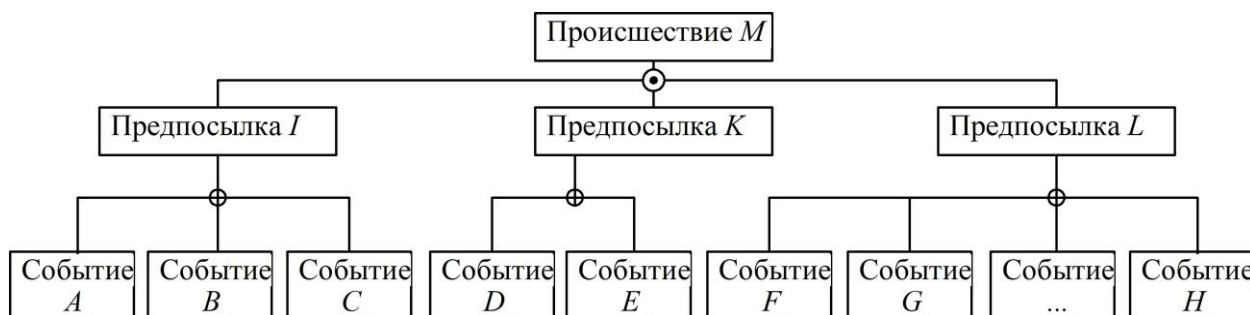


Рис. 3. Дерево происшествий для объекта идентификации опасности

⊙ - знак «И» - выход при условии одновременно всех входов

⊕ - знак «ИЛИ» - Выход при наличии одного входа

Предполагается, что происшествие M является одновременно наложением трех условий: ошибок человека I , сбоя оборудования K и воздействия на них факторов рабочей среды L . В свою очередь события I будет следствием любой из трех событий-предпосылок A , B и C – неудовлетворительного психофизиологического состояния человека, недостаточной его подготовленности и снижения работоспособности; события K также обусловлены двумя предпосылками D и E (неисправностью оборудования вызванная внешними или внутренними факторами); а событие L следствием одной из предпосылок F , $G \dots H$, созданных факторами рабочей среды (теплового выделения, шумом, вибрацией, парами токсических веществ и т.п.)

Наиболее компактное аналитическое представление условий возникновения происшествия выполняется следующей записью

$$M = (A + B + C) (D+E) (F+G+H) \quad (1)$$

Системный анализ идентификации опасностей состоит из трех частей. Первая часть заключается в отборе тех руководящих документов, которые регламентируют уровень опасности на рабочих местах к ним относятся законодательные и другие нормативные акты,



внутренние документы и локальные нормативные акты, относящиеся к рассматриваемому технологическому процессу.

В технической документации должны быть отражены психофизиологические требования, предъявляемые к деятельности работающих. В эксплуатационной документации должен быть проведен перечень возможных неисправностей, алгоритм их поиска и перечень проверок.

В санитарных нормах и правилах приведены допустимые значения факторов рабочей среды, влияющих на самочувствие человека.

Третья часть заключается в идентификации факторов, характеризующих производственные опасности, элементов изучаемой системы – человека, осуществляющего деятельность, используемого им технологического оборудования, негативного воздействия на них опасных и вредных факторов рабочей среды.

Вторая часть заключается в выявлении и анализе противоречий методом сравнения полученных при идентификации опасности характеристик системы с требуемыми значениями, приведенными в руководящих документах. В случае их недопустимого рассогласования или нежелательной тенденции изменения имеет место производственная опасность на рабочем месте и принимается решение о внедрении инженерно-технологических мероприятий для поддержания или повышения соответствующего уровня безопасности.

Сроки реализации профилактических мероприятий назначают по результатам вероятностной оценки уровней производственной опасности с учетом имеющихся ресурсов и возможного ущерба.

Разработана математическая модель для количественного определения ошибок, весьма близкая к модели, используемой при анализе надежности. Эта модель описывается вероятностью появления отказа в результате совершения ошибки i :

$$Q_i = 1 - (1 - P_i F_i)^{n_i}, \quad (2)$$

где P_i – вероятность того, что операция будет выполнена таким образом, что будет совершенна i ;

F_i – вероятность того, что i произойдет отказ;

n_i – число аналогичных операций, при которых может быть совершена ошибка i ;

Если появление отказа обуславливается сочетанием двух ошибок, то

$$P_i = P_1 P_2, \quad (3)$$

где P_1 и P_2 – соответствующие вероятности совершения этих ошибок. Общая вероятность появления отказа определяется выражением

$$Q_T = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - Q_k), \quad (4)$$

где Q_k – вероятность того, что в результате совершенных человеком одной или большего числа ошибок, относящихся по крайней мере к одному из n классов ошибок, возникнут условия появления отказа.

Использование модели предполагает наличие статистических данных по частоте ошибок.

В заключении необходимо заметить, что разработанный план необходимо довести до исполнителей. Выполнение этого шага определяется существующей системой обеспечения безопасности, закрепляющей деление подразделений предприятия на соответствующие функции контуры и циклы.

Таким образом планирование деятельности по идентификации производственной опасности на базе системного подхода является эффективной мерой обеспечения безопасности в производственном предприятии.



Список литературы:

1. Кузнецов, В. В. Системный анализ : учебник и практикум для вузов / В. В. Кузнецов, А. Ю. Шатраков ; под общей редакцией В. В. Кузнецова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 327 с.
2. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для вузов / С. В. Белов. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 636 с.
3. Яговкин, Г. Н. Оценка "надежности" человека при определении опасностей, возникающих при эксплуатации технологической системы / Г. Н. Яговкин, А. А. Сидоров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2021. – Т. 23, № 5(103). – С. 113-119.

