

Постановка проблемы по рациональному распределению ресурса, предназначенного для обеспечения комплексной безопасности предприятия

© Е.В. Гвоздев ✉

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26)

АННОТАЦИЯ

Введение. Ресурсы предприятия — это его богатый внутренний потенциал, который нацелен на устойчивое функционирование производственного процесса. Впервые в виде проблемы представлено новое укрупненное методологически описанное направление, решение задач в котором сосредоточено на определении факторов влияния персонала служб (структурных подразделений) на ведомственные (отраслевые) направления, входящие в систему комплексной безопасности предприятия.

Методы исследования. Проанализированы подходы с использованием существующих методов в комплексной безопасности предприятий, рассмотрены особенности их применения. Представлено обоснование выбора метода множителей Лагранжа, с применением которого сформирована постановка проблемы по рациональному распределению ресурса, предназначенного для поддержания устойчивого функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в систему комплексной безопасности предприятия.

Постановка проблемы. В статье представлена постановка проблемы по рациональному распределению ресурса (трудового потенциала), рассматриваемого в виде фактора влияния на устойчивое функционирование ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в систему комплексной безопасности предприятия.

Пример решения проблемы. Представлен пример с описанием последовательного нахождения критических точек, которые имеют отношение к показателям веса (коэффициента) влияния персонала на обеспечиваемые им ведомственные (отраслевые) направления, входящие в систему комплексной безопасности предприятия.

Выводы. Решение частных задач, входящих в содержание методологически описанной проблемы, даст возможность разработать методологию синтеза комплексной безопасности, способной адаптироваться к различным условиям функционирования предприятия (режимы повседневной деятельности, а также угрозы и возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера), что имеет важное хозяйственное для России значение.

Ключевые слова: человеческий фактор; курирующая служба; оценка влияния; ресурсное обеспечение; рациональный вариант

Для цитирования: Гвоздев Е.В. Постановка проблемы по рациональному распределению ресурса, предназначенного для обеспечения комплексной безопасности предприятия // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2021. Т. 30. № 2. С. 35–48. DOI: 10.22227/PVB.2021.30.02.35-48

✉ Гвоздев Евгений Владимирович, e-mail: evgvozdev@mail.ru

Rational allocation of the resource designated for comprehensive safety assurance at an enterprise: the problem statement

© Evgeniy V. Gvozdev ✉

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (Yaroslavskoe Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation)

ABSTRACT

Introduction. Corporate resources translate into a strong in-house capacity that ensures sustainable production processes. We present a novel integrated area of activity, whose purpose is to solve problems by identifying the factors of influence, coming from employees of versatile departments (structural units) and focused on industry-specific (sectoral) functions that are part of the comprehensive safety system of an enterprise.

Methods of research. The author employed the established methods of comprehensive safety assurance to analyze a number of approaches. He also explored the features of their application. The author also substantiated the choice of the Lagrange multiplier method, used to formulate the problem of rational allocation of the resource designated for the sustainable performance of functions that assure the comprehensive safety of an enterprise.

Problem statement. The author addresses the problem of rational allocation of the resource (the labor potential), considered as a factor of influence produced on the sustainable performance of industry-specific (sectoral) functions that comprise the system of comprehensive safety of an enterprise.

An exemplary solution. The author offers an example that represents a description of the process of consecutive identification of critical points that are relevant to the impact (a coefficient) produced by the personnel on the sustainable performance of industry-specific (sectoral) functions that contribute to the comprehensive safety of an enterprise.

Conclusions. Solutions for specific tasks, forming part of a methodologically described problem, will make it possible to develop a methodology for the synthesis of the comprehensive safety which is adaptable to different conditions of operation of an enterprise (day-to-day operations, as well as threats and emergencies of natural and man-induced origin), and each is of great economic importance for Russia.

Keywords: human factor; supervisory department; impact assessment; resource provision; rational option

For citation: Gvozdev E.V. Rational allocation of the resource designated for comprehensive safety assurance at an enterprise: the problem statement. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2021; 30(2):35-48. DOI: 10.22227/PVB.2021.30.02.35-48 (rus).

✉ Evgeniy Vladimirovich Gvozdev, e-mail: evgvozdev@mail.ru

Введение

Довольно длительный период с начала XIX в. и до настоящего времени ознаменован постоянным повышением интереса к техносферной безопасности, решение задач в которой требует постоянного совершенствования и развития. В последнее время направленность фундаментальных, системных и прикладных исследований в области анализа и управления техносферной безопасностью с учетом накопленного опыта постановки и решения этой проблемы приобретает новое значение в связи с переходом с 2018 г. на принципиально новый уровень решения вопросов научного анализа, нормирования, регулирования и обеспечения техносферной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций в соответствии с указами Президента Российской Федерации об основах государственной политики в этих областях на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу. Например, в январе 2018 г. был принят к исполнению один из документов стратегического планирования «Основы государственной политики в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера на период до 2030 года¹», который утвержден Указом Президента России, в содержании которого определена главная цель по реализации данного направления безопасности — «обеспечение устойчивого социально-экономического развития РФ, а также приемлемого уровня безопасности жизнедеятельности населения в чрезвычайных ситуациях» [1].

Наибольшую опасность в техносфере представляют промышленные предприятия, которые в соответствии с требованиями Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»² имеют участки (площадки), отнесенные по тем или иным опасным признакам к установленной категории

опасного производственного объекта (далее — ОПО). Энергетические предприятия (Теплоэлектроцентрали) филиального уровня подчиненности, входящие в содержание самой крупной энергетической Компании в России — Публичного акционерного общества энергетики и электрификации «Мосэнерго» (ПАО «Мосэнерго»), имеют установленную категорию ОПО, на их примере проводилось исследование по решению задач связанных с обеспечением техносферной безопасности [2]. К категории ОПО также относится Публичное акционерное общество энергетики и электрификации «Мосэнерго», крупное предприятие по выработке электрической энергии и тепла в России, на примере которого проводилось исследование по решению задач, связанных с обеспечением техносферной безопасности [2].

Методология комплексной безопасности предприятия как наука

Устойчивое развитие и процветание любого производственного процесса напрямую зависит от правильно организованной на предприятии техносферной безопасности, которая в результате качественных изменений потребовала применения комплексного подхода при ее управлении и стала именоваться как комплексная безопасность [1]. В настоящее время сформулированы понятия, связанные с комплексной безопасностью, но их формулировки имеют прямое отношение к функционированию физических объектов, например:

- в содержании нормативного документа ГОСТ Р 53704–2009. Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования³ представлено понятие «система безопасности комплексная», которое имеет отношение к применению технических средств, способных выявить место возникновения угроз различной природы возникновения и характера проявления;

¹ Основы государственной политики в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера на период до 2030 года : утверждены Указом Президента Российской Федерации от 11 января 2018 г. № 12.

² О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ : принят Государственной Думой 20 июня 1997 г.

³ ГОСТ Р 53704–2009. Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1140-ст.

- в содержании другого нормативного документа ГОСТ Р 53195.1–2008. Безопасность функциональная связанных с безопасностью зданий и сооружений систем. Ч. 1. Основные положения⁴ представлены сформулированные понятия «комплексная безопасность» и «комплексная система безопасности (КСБ)», которые имеют непосредственное отношение к безопасному функционированию физических объектов, а именно безопасности зданий и сооружений систем.

Однако до настоящего времени, в содержании нормативно-правовых актов и нормативных документов, имеющих принадлежность к отраслевым подсистемам безопасности, не сформулировано понятие для комплексной безопасности, которое имело бы непосредственное отношение к ее управлению.

С целью понимания читательской аудиторией специфических признаков исследуемого объекта (рассмотрения комплексной безопасности с точки зрения управления) возникла необходимость во введении следующего нового понятия, в котором *комплексная безопасность (КБ)* будет рассматриваться в виде системы, представляющей собой совокупность взаимодействующих ведомственных (отраслевых) направлений (промышленной и пожарной безопасности, охраны труда, информационной безопасности и антитеррористической защищенности, экологической безопасности и т.д.), объединенных единым замыслом решения возникающих задач для достижения главной цели — минимизации (исключения) опасностей, воздействующих на работающий персонал, имущество и оборудование, эксплуатируемое на предприятии, окружающую природную среду. Представленное сформулированное понятие в полном объеме отвечает исследуемой характеристике «комплексность», описанной в энциклопедическом словаре экономики и права [3], где под комплексностью понимается полнота, системность, взаимоувязанность, например, анализа, планирования, управления.

Актуальность исследования подтверждается наличием следующих существующих противоречий, возникших при решении задач, связанных с исполнением задач КБ не только на уровне межведомственного (межотраслевого) взаимодействия, но и на уровне предприятий, имеющих ОПО (далее — предприятия). С одной стороны, КБ рассматривается как установленный приоритет для государства, для ее поддержания на требуемом уровне выделяется существенный объем ресурса. С другой стороны, на предприятиях возникают опасности техногенного характера, в том числе из-за существующих проблем, а именно:

- реализация задач КБ на предприятиях через исполнение требований, разработанных и утвержденных для ведомственных (отраслевых) направлений, что говорит о возможных пробелах в комплексности (взаимосвязанности) из-за отсутствия единого координационного органа управления КБ. Данное обстоятельство создает предпосылки к возникновению новых опасностей;
- отсутствие единого координационного органа управления КБ и низкий уровень межведомственного (межотраслевого) взаимодействия позволяют говорить не только о пробелах, но и о возможном дублировании мероприятий, реализуемых в ведомственных (отраслевых) направлениях, что требует дополнительного выделения ресурса;
- отсутствие единого централизованного подхода в управлении КБ предполагает различные подходы в ведомственных (отраслевых) направлениях по формированию статистики реализованных опасностей за определенный период (как правило, год), что говорит о возможных пробелах в определении причинно-следственной связи тех опасностей, которые в виде вторичных воздействующих факторов наносят ущерб другим ведомственным (отраслевым) взаимодействующим направлениям. Такие опасности, как правило, квалифицируются как чрезвычайные ситуации (ЧС), и они наносят максимальный ущерб;
- отсутствие методических рекомендаций по проверке и оценке состояния КБ для предприятий, что позволяет говорить о возможном нерациональном распределении ресурса, выделяемого для обеспечения ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия.

Научная проработка и решение представленных выше проблем позволит минимизировать условия возникновения опасностей, перевести систему управления КБ предприятий на новый качественный уровень.

Устойчивое функционирование КБ предприятий во многом зависит от его обеспеченности ресурсом (*финансовые и материальные средства, трудовой вклад персонала для выполнения задач и др.*), который, как правило, имеет ограниченный предел возможностей в удовлетворении полного объема запросов от руководителей служб (отделов) — кураторов ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ. Отсюда возникает необходимость в научной проработке для оценки состояния КБ предприятий, что в условиях ограничений позволит скорректировать процесс по его определению, начиная в первую очередь с тех мест (точек), которые имеют высокий рисковый показатель уязвимости [4].

⁴ГОСТ Р 53195.1–2008. Безопасность функциональная связанных с безопасностью зданий и сооружений систем. Ч. 1. Основные положения: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2008 г. № 653-ст.

В статье будет представлен не весь комплекс решаемых на предприятии задач, связанных с распределением ресурса в денежном или материальном выражении, а лишь его части, имеющей отношение к потенциалу работающего персонала, исполняющего трудовые обязанности по обеспечению функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, где с помощью указанного потенциала появится возможность:

- провести анализ статистики возникновения опасностей в ведомственных (отраслевых) направлениях (*Ростехнадзор, МЧС России, Минтруд и др.*), построить структурную схему факторных связей источников возникновения и приемников опасностей, определить параметры восприимчивости данных направлений к воздействующим опасностям, инициирования ими вторичных воздействующих факторов;
- провести оценку запаса надежного функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, что позволит формировать ресурс для отправки в первую очередь в те места (точки), которые имеют наиболее высокие рисковые показатели.

Структурное содержание системного исследования по распределению ресурса, предназначенного для КБ предприятия, представлено на рис. 1.

Последовательное описание блок-элементов, входящих в содержание блоков (см. рис. 1), позволит развивать *методологию* как науку, изучающую закономерность возникновения и развития методов познания КБ. *Методология* как частная система знаний, возникающая на методологических стадиях познания, является учением о методах и теориях, возникающих на соответствующих ступенях познания. К части наиболее важных точек приложения к методологии КБ предприятия как науки, относятся объект и предмет исследования, постановка научной проблемы и др. [5], что будет представлено далее.

Предварительная постановка проблемы по рациональному распределению ресурса в комплексной безопасности предприятия

Ресурсы предприятия — это его богатый внутренний потенциал, который нацелен на устойчивое функционирование производственного процесса. Грамотное управление ресурсами является не толь-

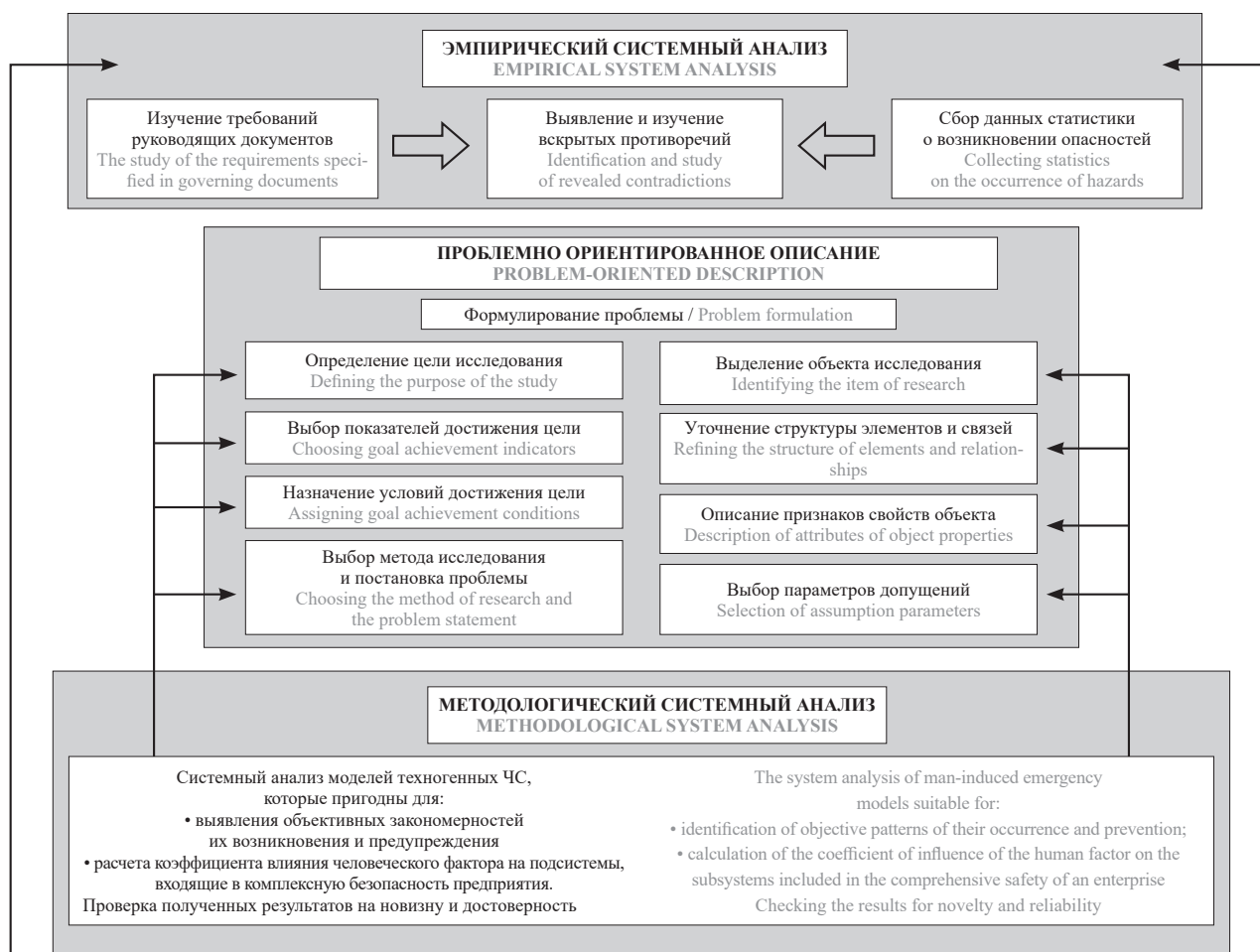


Рис. 1. Структурное содержание процесса распределения ресурса, предназначенного для КБ предприятия

Fig. 1. The structural content of the resource allocation process, given that the resource is designated for the design bureau of an enterprise

ко основой нормального функционирования предприятия, но и его конкурентным преимуществом, когда речь идет о выборе единственного из множества сравниваемых предприятий.

Как было отмечено ранее, в статье основное внимание обращено к потенциалу работающего персонала, исполняющего трудовые обязанности по обеспечению функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия. Рассматриваемый трудовой потенциал, участвующий в обеспечении КБ, оказывает влияющее воздействие на работу ее ведомственных (отраслевых) направлений. Созданные на предприятии службы (структурные подразделения) по обеспечению ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, являются проводниками в исполнении утвержденных требований, а для обеспечения устойчивого функционирования КБ предприятия они нуждаются в качественном организационном взаимодействии между собой. Причем это относится не только к периоду возникновения ЧС, но и к повседневным условиям функционирования предприятия [6].

Проведенный анализ факторов, влияющих на выбор рационального распределения трудовых ресурсов для обеспечения КБ предприятия, позволил провести их систематизацию и объединить в следующие группы:

- I группа факторов — определяет величину и структуру всех недоработок служб (структурных подразделений), которые привели к возникновению отказов (инцидентов) в управлении КБ предприятия, были зафиксированы в статистических отчетах как реализованные опасности, наносящие повреждение (ущерб) техногенному пространству;
- II группа факторов — характеризует особенности причинно-следственной связи для тех опасностей, которые в виде вторичных воздействующих факторов наносили ущерб другим ведомственным (отраслевым) взаимодействующим направлениям;
- III группа факторов — определяет рациональный вариант распределения общего ресурса предприятия, выделяемого для обеспечения его КБ, содержание которого включает в себя доли или обоснованные объемы частичных вложений в обеспечиваемые ведомственные (отраслевые) направления.

Анализ исследований, связанных с возникновением опасностей на предприятиях из-за влияния работающего персонала служб (структурных подразделений) на обеспечивающие ими подсистемы безопасности, входящие в КБ предприятия, позволяет проинформировать сообщество читателей о том,

что в данном направлении уже проведены серьезные исследования. Результаты данных исследований позволили сформировать укрупненные группы в виде следующих направлений:

1. Исследования операторной деятельности персонала предприятия с точки зрения его взаимодействия с процессом производства через различные автоматизированные технические системы [7, 8];
2. Исследования функциональных и физиологических возможностей специалиста (работающего персонала) при штатных и аварийных ситуациях [9, 10];
3. Исследования требуемой штатной численности и уровня подготовки специалиста (работающего персонала), оценки его готовности к выполнению трудовых функций [11, 12];
4. Исследования организации рабочего места специалиста (работающего персонала), т.е. формирование комфортного эргатического пространства [13, 14].
5. Исследования полноты и соответствия набора принятых к исполнению требований для безопасного функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия [15 16].

Отличие настоящей работы от представленных укрупненных исследовательских направлений заключается в том, что в данной работе впервые будет рассматриваться новое направление, связанное с влиянием персонала служб (структурных подразделений) на ведомственные (отраслевые) направления, входящие в КБ предприятия.

Основная цель работы — методологическое описание проблемы по рациональному распределению ресурса, предназначенного для обеспечения устойчивого функционирования КБ предприятия.

Объект исследования — КБ предприятия, подержание которой обеспечивается работающим персоналом (специалистами соответствующих служб, структурных подразделений).

Предмет исследования — обеспеченность ресурсом ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, состояние устойчивости функционирования которых зависит от влияния работающего персонала (специалистов соответствующих служб, структурных подразделений).

Ниже представлены перечень исходных данных, целевая функция, теоретическое описание зависимостей между устойчивостью функционирования КБ предприятия и достаточностью ресурсного обеспечения ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия.

Исходными данными для постановки проблемы являются:

- $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ — показатель устойчивости функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия;
- $N = (N_1, N_2, \dots, N_n)$ — перечень ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия;
- $\mathcal{C} = (\mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2, \dots, \mathcal{C}_n)$ — численность специалистов служб (структурных подразделений), влияющих на ведомственные (отраслевые) направления, входящие в КБ предприятия;
- $\mathcal{Z} = (\mathcal{Z}_1, \mathcal{Z}_2, \dots, \mathcal{Z}_n)$ — множество задач, возложенных на специалистов служб (структурных подразделений), влияющих на ведомственные (отраслевые) направления, входящие в КБ предприятия;
- $U = (U_1, U_2, \dots, U_n)$ — показатели реализованных опасностей, взятых из статистики, сформированной в отраслевых подсистемах (пожарной и промышленной безопасности, охраны труда);
- $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ — весовой коэффициент влияния служб (структурных подразделений) на ведомственные (отраслевые) направления, входящие в КБ предприятия;
- $S = (x_{N(1-n)}, y_{N(1-n)})$, где $x_{N(1-n)}$ — переменная, представляющая собой коэффициент воздействия специалиста на обеспечиваемую им подсистему безопасности;
- $y_{N(1-n)}$ — переменная, представляющая собой коэффициент причинно-следственной связи возникновения опасностей;
- t — рассматриваемый период времени (год).

Для заданных исходных данных необходимо определить такой вариант влияния служб (структурных подразделений) на подсистемы безопасности S^* , чтобы суммарный показатель устойчивого функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, был максимальным:

$$P(S^*) = f(t(U/N)), S(t(\mathcal{C} \cdot \mathcal{Z}/N)) \rightarrow \max. \quad (1)$$

Рассмотрим устойчивость КБ предприятия, состоящую из N ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, которая будет представлена в виде показателя P_n , где $n = 1, 2, \dots, N$. Повышение устойчивости функционирования КБ предприятия потребует эффективного адресного вложения ресурса в те ведомственные (отраслевые) направления, которые имеют наиболее высокий рискованный показатель. Обозначим их через S_n [17].

Изменение устойчивости показателя P_n в зависимости от величины адресного вложения в ведомственное (отраслевое) направление, входящее в КБ предприятия, может быть описано законом:

$$P_n = \varphi_n(S_n) = P_n^* - (P_n^* - P_n^{(0)})e^{-\lambda_n S_n}, \quad (2)$$

где $P_n^{(0)}$ — показатель устойчивости КБ предприятия при отсутствии ресурсного обеспечения ($S_n = 0$);

P_n^* — показатель устойчивости КБ предприятия, требующей ресурсного обеспечения, достаточного для ее поддержания на требуемом уровне; φ_n — коэффициент величины ресурсного обеспечивающего вложения в ведомственное (отраслевое) направление, входящее в КБ предприятия; λ_n — параметр, регулирующий скорость прироста устойчивости КБ предприятия, который при вкладе малого ресурса записывается в виде следующего соотношения $\lambda_n = P_n'(0)/(P_n^* - P_n^{(0)})$.

Для определения зависимости между показателем устойчивости КБ предприятия и вклада ресурсного обеспечения в те места (точки) ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, которые наиболее подвержены риску, введем величину $\varepsilon_n = \varepsilon_n(S_n)$ — коэффициент эффективности частных ресурсных обеспечивающих вложений в n -ю подсистему, входящую в КБ предприятия, в виде производной устойчивости функционирования КБ

$$\varepsilon_n = \frac{d\varphi_n}{dS_n} = \lambda_n (P_n^* - P_n^{(0)})e^{-\lambda_n S_n}.$$

Приращение показателя устойчивости ΔP_n будет напрямую зависеть от приращения вклада ΔS_n по формуле $\Delta P_n \approx \varepsilon_n \Delta S_n$.

Показатель устойчивости функционирования КБ предприятия P будет рассматриваться в виде функции устойчивости ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в ее содержание:

$$P = f(P_1, P_2, \dots, P_N). \quad (3)$$

Область определения данной функции f в формуле (3) может быть рассмотрена в виде физического объекта — цилиндра, вдоль боковой поверхности которого равномерно свешены веса (грузы), прилегающие к ней в различных точках N -измерений, при допущении $0 \leq P_n \leq 1$, $n = 1, 2, \dots, N$ в области ограничений отрезка $[0; 1]$. Предположим, что рассматриваемая функция является дифференцируемой, монотонно возрастающей линейной функцией по каждому своему аргументу. Величина $\xi_n = \xi_n(P_1, P_2, \dots, P_N)$ будет рассматриваться в виде ресурсных обеспечивающих вложений в n -ю подсистему, входящую в КБ предприятия.

Дифференциал устойчивости функционирования КБ предприятия, рассчитываемого через ресурсные обеспечивающие вложения и дифференциалы устойчивости ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, может быть записан в виде:

$$dP = \sum_{n=1}^N \frac{df}{dP_n} dP_n = \sum_{n=1}^N \xi_n dP_n.$$

Вывод: представленная расчетная формула позволяет определить рациональный вариант ресурсного обеспечивающего вложения в прирост устойчивого функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, $\Delta P_n \approx df$ с учетом одинаковых приращений надежности ее элементов $\Delta P_n = dP_n$. При проведении расчетов с учетом представленных соотношений будет определен тот элемент ресурсного обеспечивающего вложения, у которого значимость будет наибольшей.

С учетом представленных зависимостей для каждого ведомственного (отраслевого) направления, входящего в КБ предприятия, показатель устойчивости функционирования КБ предприятия будет записан в виде:

$$P = f(\varphi_1(S_1), \varphi_2(S_2), \dots, \varphi_N(S_N)) = F(S_1, S_2, \dots, S_N). \quad (4)$$

Дифференциал устойчивого функционирования КБ предприятия запишем в виде выражения

$$dP = \sum_{n=1}^N \frac{\partial F}{\partial S_n} dS_n = \sum_{n=1}^N E_n dS_n, \quad (5)$$

где введем величину E_n — экономическая значимость n -го элемента, $E_n = \partial F / \partial S_n$.

Используя формулу дифференцирования сложной функции нескольких переменных, получим для значимости n -го элемента выражение

$$E_n = \frac{\partial f}{\partial P_n} \frac{d\varphi}{dS_n} = \xi_n \varepsilon_n. \quad (6)$$

Таким образом, экономическая значимость n -го элемента E_n численно равна произведению функциональной значимости элемента ведомственного (отраслевого) направления, входящего в КБ предприятия, на коэффициент ресурсного обеспечивающего вложения в этот элемент [18–20].

Постановка проблемы по рациональному распределению ресурса предприятия, направляемого на снижение воздействующих опасностей

Пусть для снижения воздействующих опасностей, повышения надежности функционирования КБ предприятия существует ограниченный ресурс, равный общему показателю S , включающему в свое содержание частичные адресные ресурсные вложения S_n в ведомственные (отраслевые) направления,

входящие в КБ предприятия. Запишем выражение в виде:

$$S = \sum_{n=1}^N S_n.$$

Решается следующая задача: как общий ресурс S , выделяемый для устойчивого функционирования КБ предприятия распределить таким образом по элементам ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в ее содержание, чтобы получить наибольший прирост устойчивости КБ предприятия в рамках ограничений

$$\sum_{n=1}^N S_n < S,$$

с учетом монотонного возрастания функции F . Увеличивая значение любой из переменных так, чтобы неравенство перешло в равенство, можно увеличить итоговое значение P — устойчивость КБ предприятия. Следовательно, для получения наилучшего показателя P нужно произвести распределение ресурса по элементам (местам, точкам) ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, от самого высокого рискованного показателя к самому низкому.

Имеем математическую задачу по нахождению наибольшего значения функции:

$$P = F(S_1, S_2, \dots, S_N), \quad (7)$$

при следующих ограничениях, налагаемых на ее переменные:

$$S_1 + S_2 + \dots + S_N = S, \quad (8)$$

с соблюдением условий ограничений на ее переменные:

$$S_1 \geq S_2 \geq 0 \dots S_N \geq 0, \quad (9)$$

О рациональном распределении ресурса, выделяемого предприятием для обеспечения КБ с учетом ограничений. В пространстве N измерений параметров S_1, S_2, \dots, S_N ограничения (8) и (9) рассматриваются как равномерно свешиваемые от центральной точки $M(S_1, S_2, \dots, S_N)$ веса (грузы), относящиеся к параметрам S_1, S_2, \dots, S_N , которые прилегают к боковой поверхности физического объекта — цилиндра (рис. 2).

Наибольшее значение функции F в силу ее монотонности находится на поверхности свешенных вниз линий, поддерживающих веса (грузы). Наибольшее значение функции F может находиться в вершине цилиндра M_k , в которой все координаты, кроме одной k -й, равны нулю, а нулевая координата $S_k = S$. В этой

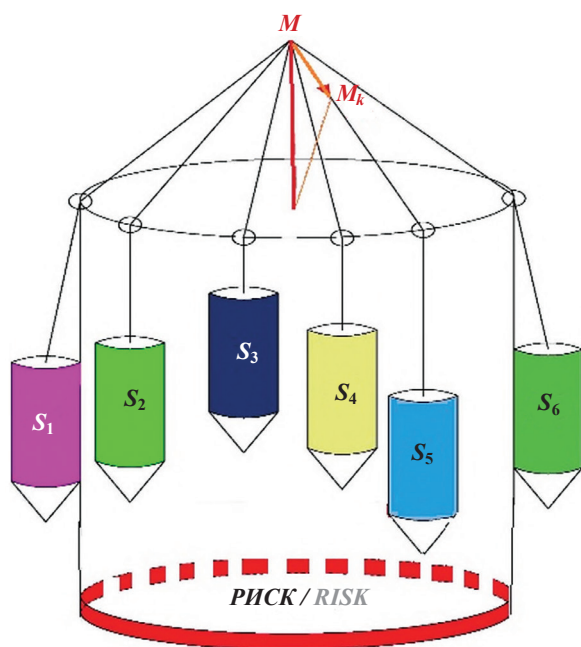


Рис. 2. Физический смысл представления состояния устойчивости функционирования ведомственных (отраслевых) направлений (S_1, S_2, \dots, S_N), входящих в КБ предприятия

Fig. 2. The physical sense of the representation of the state of stability of the functioning of industry-specific (sectoral) functions (S_1, S_2, \dots, S_N) of the enterprise's design bureau

точке выполняется равенство $dP = E_k \Delta S$, где E_k — это значимость вклада в k -й элемент, рассчитываемая для точки с вершиной, отложенной от поверхности цилиндра M_k . Наибольшее значение функции F имеет вектор напряженности в сторону той свешенной вниз линии, вес (груз) которой имеет наименьшее расстояние от линии риска.

Для нахождения точки, в которой достигается наибольшее значение функции F из (4), воспользуемся методом множителей Лагранжа и сведем задачу нахождения условного экстремума для функции F к задаче нахождения безусловного экстремума для функции Лагранжа [17, 21, 22]:

$$L(S_1, S_2, \dots, S_N, \Lambda) = F(S_1, S_2, \dots, S_N) + \Lambda \left(S - \sum_{n=1}^N S_n \right), \quad (10)$$

где Λ — множитель Лагранжа.

Необходимое условие экстремума для функции Лагранжа имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial S_n} = \frac{\partial F}{\partial S_n}(S_1, S_2, \dots, S_N) - \Lambda = E_n - \Lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial S_n} = S - \sum_{n=1}^N S_n. \end{cases} \quad (n=1, 2, \dots, N); \quad (11)$$

Пусть функция Лагранжа L имеет экстремум в точке $M(S_1, S_2, \dots, S_N)$. Тогда из первых соотношений в необходимом условии экстремума (11) по-

лучим тот рассчитываемый показатель, с помощью которого значимость всех элементов в точке экстремума есть константа

$$E_N = (\tilde{P}_1, \tilde{P}_2, \dots, \tilde{P}_N) = \tilde{\Lambda}, \quad (12)$$

где $\tilde{P}_N = \varphi(\tilde{S}_N)$.

Из соотношения (11) следует, что скорость изменения устойчивости функционирования элемента в составе ведомственного (отраслевого) направления, входящего в КБ предприятия, обратно пропорциональна его значимости $\varphi'_n(\tilde{S}_n) = \tilde{\Lambda} / \xi_n(\tilde{P}_1, \tilde{P}_2, \dots, \tilde{P}_N)$, т.е. чем больше значимость элемента, тем меньше скорость изменения устойчивости. Из свойств функции $\varphi'_n(\tilde{S}_n)$ следует, что скорость изменения устойчивости убывает прямо пропорционально потребности вкладов в элементы ведомственных (отраслевых) направлений (S_1, S_2, \dots, S_N), входящих в КБ предприятия.

Вывод: чем больше значимость элемента с точки зрения безопасности, тем больше вложений в этот элемент требуется для достижения оптимума вложений.

В случае, если для некоторого значения n равенство $E_n = \Lambda$ невозможно, следует считать, что $S_n = 0$. В этом случае в системе уравнений (11) следует отказаться от использования уравнения $\partial L / \partial S_n$, что указывает на отсутствие необходимости вкладывать ресурс в n -й элемент ведомственных (отраслевых) направлений. Если таких элементов в КБ предприятия будет несколько, то количество уравнений, представленных системой уравнений (11), в расчете на количество этих элементов уменьшится.

Отметим смысл множителя Лагранжа Λ , вкладываемого в виде ресурса в элементы ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия, представленного формулой (10). Увеличим вклад в элементы подсистем, входящих в КБ предприятия, S на dS . Тогда экстремальная точка из точки $M(S_1, S_2, \dots, S_N)$ переместится в точку $M'(S_1 + dS_1, S_2 + dS_2, \dots, S_N + dS_N)$. В силу выполнения ограничения (5) выполняется следующее соотношение:

$$dS = \sum_{n=1}^N E_n. \quad (13)$$

Из выражения (10) для дифференциала устойчивости функционирования КБ предприятия получим

$$dP = \sum_{n=1}^N E_n dS_n = \Lambda \sum_{n=1}^N dS_n = \Lambda dS. \quad (14)$$

Здесь при выполнении преобразования учтены соотношения (13) и (14), которые получены для экстремальной точки.

Из полученного в формуле (14) соотношения следует, что $dP = \Lambda dS$, это подтверждает смысл

в использовании множителя Лагранжа, который является коэффициентом пропорциональности между приращением ресурсного вклада в элементы ведомственных (отраслевых) направлений (S_1, S_2, \dots, S_N) и приращением в целом устойчивости КБ предприятия dP . Будем называть величину Λ коэффициентом эффективности вклада ресурса в устойчивость КБ предприятия [22].

Вывод: если считать устойчивость функционирования предприятия P_n одним из важнейших показателей безопасности системы, то с ее помощью могут быть определены риски в КБ предприятия в виде:

$$R_{KB} = 1 - P_n \quad (15)$$

Рассматриваемый метод множителей Лагранжа является классическим методом для решения задач математического программирования (в частности, выпуклого) и будет в дальнейшем использоваться не обособленно, а в виде аппарата, взаимодействующего с другими современными численными методами, которые широко применяются на практике.

Сформулированная общая научная проблема предполагает в дальнейшем решить следующие частные задачи, имеющие отношение к переменным, представленным в целевой функции:

- определение переменной $x_{N(1-n)}$ представляющей собой коэффициент влияния специалистов служб (структурных подразделений) на обеспечиваемые ими ведомственные (отраслевые) направления, входящие в КБ предприятия;
- определение переменной $y_{N(1-n)}$ представляющей собой коэффициент причинно-следственной связи опасности, реализация которой зависит от влияния специалистов служб (структурных подразделений) на обеспечиваемые ими ведомственные (отраслевые) направления, входящие в КБ предприятия;
- определение требуемой штатной структуры и численности специалистов служб (структурных подразделений), которые обеспечивают поддержание на требуемом уровне ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия.

Пример с описанием параметризации локальных точек ресурсной обеспеченности подсистем, входящих в систему комплексной безопасности предприятия

Для решения оптимизационной задачи, связанной с распределением ресурса в КБ предприятия, возникла необходимость в нахождении экстремума функции $f(x, y)$, подчиняющегося ограничению $g(x, y) = k$

Точка максимума $g(x, y)=k$

The maximum point $g(x, y)=k$

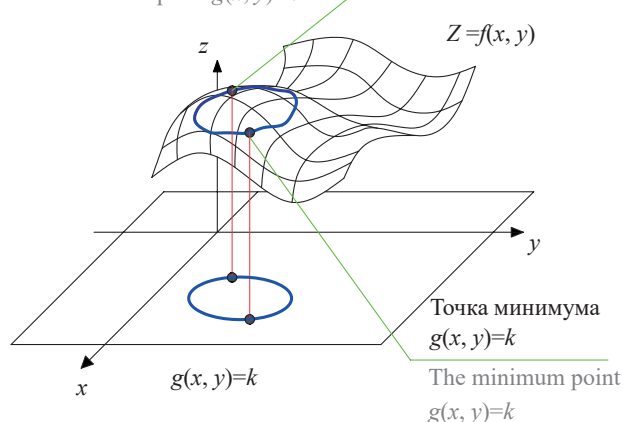


Рис. 3. Физический смысл представления экстремума локальных точек

Fig. 3. The physical sense of the representation of the extremum of local points

Предположим, что ограничение $g(x, y) = k$ является гладкой замкнутой кривой, параметризованной показателями значений $r(t) = \langle x(t), y(t) \rangle$ на окрестности $[a, b]$. Также предположим, что функция $f(x, y)$ различима в каждой точке ограничения. Тогда нахождение точек экстремума $f(x, y)$ при условии $g(x, y) = k$ эквивалентно нахождению абсолютного экстремума функции $Z(t) = f(x(t), y(t))$ для t на окрестности $[a, b]$ (рис. 3) [23].

На первом этапе проведения вычислений было установлено следующее утверждение для экстремума $Z(t)$ на окрестности $[a, b]$, показатели которого могут быть найдены либо в критических точках, либо в конечных точках окрестности $[a, b]$. Поскольку кривая является замкнутой, то возникла необходимость в рассмотрении параметров критических точек $Z(t)$ на окрестности $[a, b]$ на основе следующего решения:

$$\frac{dZ}{dt} = \nabla f v = 0,$$

где v — скорость изменения показателей значений $r(t)$.

Тогда критические точки $Z(t)$ на окрестности $[a, b]$ будут рассматриваться в виде $\nabla f \perp v$, так же как и для $\Delta g \perp v$. Из чего следует, что экстремум $f(x, y)$ зависит от $g(x, y) = k$, когда Δf параллельна Δg , при таком условии существует число, для которого

$$\nabla f = \lambda \Delta g.$$

Таким образом экстремум $f(x, y)$, зависящий от $g(x, y) = k$, будет возникать в точках, рассчитываемых на основе использования системы уравнений:

$$\begin{cases} \langle f_x, f_y \rangle = \lambda \langle g_x, g_y \rangle; \\ g(x, y) = k. \end{cases} \quad (16)$$

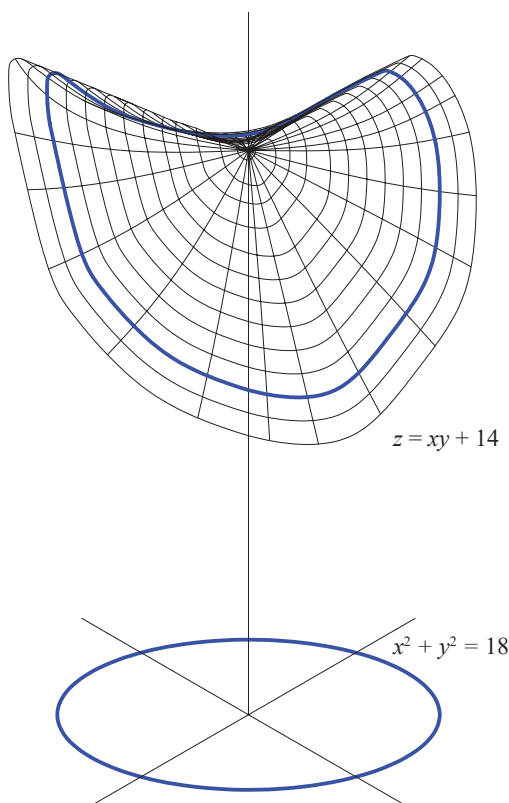


Рис. 4. Макет поверхности для нахождения точек (локальных точек максимума и минимума)

Fig. 4. The surface model used to locate the points (local maximum and minimum points)

Представленное выражение (16) считается задачей по нахождению множителей Лагранжа.

Решение задачи, связанной с нахождением множителей Лагранжа, заключается в том, что при использовании уравнений $f_x = \lambda g_x$ и $f_y = \lambda g_y$ необходимо избавиться от показателя λ . Далее задача решается с использованием показателей x и y , объединяя полученные результаты с представленным формулой (16) и ограничением $g(x, y) = k$. Таким образом будут получены критические точки.

Вывод: поскольку ограничение $g(x, y) = k$ представляет собой гладкую замкнутую кривую, точки экстремума $f(x, y)$ по отношению к $g(x, y) = k$ являются наибольшими и наименьшими значениями точек экстремума $f(x, y)$, оцениваемых в критических точках максимума и минимума.

Рассмотрим пример № 1. Найти экстремум точек $f(x, y) = xy + 14$ с учетом

$$x^2 + y^2 = 18.$$

Необходимо найти показатели самых высоких и самых низких точек (локальных точек максимума и минимума) на поверхности $Z = xy + 14$, находящейся на окружности (рис. 4).

Решение. Если рассматривать соотношение $g(x, y) = x^2 + y^2$, тогда ограничение $g(x, y) = 18$, соответственно градиенты f и g будут сонаправлены:

$$\nabla f = \langle y, x \rangle \text{ и } \Delta g = \langle 2x, 2y \rangle.$$

В результате $\nabla f = \lambda \Delta g$, что означает

$$y = \lambda 2x \text{ и } x = \lambda 2y.$$

При рассмотрении соотношения установлен факт того, что $x = 0$ только в том случае, если $y = 0$, но $(0; 0)$ не находится в составе точек синей окружности.

Таким образом при $x \neq 0$ и $y \neq 0$ решение найдем с применением показателя λ , где

$$\lambda = \frac{y}{2x} \text{ и } \lambda = \frac{x}{2y} \Rightarrow \frac{y}{2x} = \frac{x}{2y}.$$

В таком случае при перекрестном умножении показателей левой и правой части уравнения запишем следующее выражение: $2y^2 = 2x^2$ или $x^2 = y^2$. Таким образом, ограничение $x^2 + y^2 = 18$ будет записано в виде:

$$x^2 + x^2 = 18, x^2 = 9, x = \pm 3.$$

Более того, $y^2 + x^2$ подразумевает, что $y = x$, или $y = -x$, отсюда показателями решения станут следующие числовые соотношения:

$$(3; 3) (-3; 3), (3; -3), (-3; 3).$$

$$\text{Однако } f(3; 3) = f(-3; -3) = 23,$$

$$\text{а } f(-3; 3) = f(3; -3) = 5.$$

Следовательно, максимум в плоскости, расположенной над замкнутой окружностью, будет находиться в точках с координатами $(3; 3); (-3; -3)$, тогда как минимум $f(x, y) = xy + 4$ будет находиться в точках с координатами $(-3; 3); (3; -3)$ (рис. 5).

При рассмотрении воздействия человеческого фактора в виде персонала, оказывающего управленческое воздействие на подсистемы безопасности предприятия (промышленной и пожарной безопасности, охраны труда и т.д.), нахождение дифференцируемой функции $f(x, y)$, подчиняющейся ограничению $g(x, y) = k$, определяется в виде L — используемого ранее термина «лагранжиан», который является функцией трех переменных.

Это происходит потому, что критические точки $L(x, y, \lambda)$ возникают, когда

$$\frac{\partial L}{\partial x} = 0, \frac{\partial L}{\partial y} = 0, \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0,$$

тогда $L_x = f_x - \lambda g_x$, $L_y = f_y - \lambda g_y$, и $L_\lambda = g(x, y) - k$. То есть критические точки, которые имеют отношение к показателю веса (коэффициента трудового вклада) воздействия персонала на обеспечиваемые

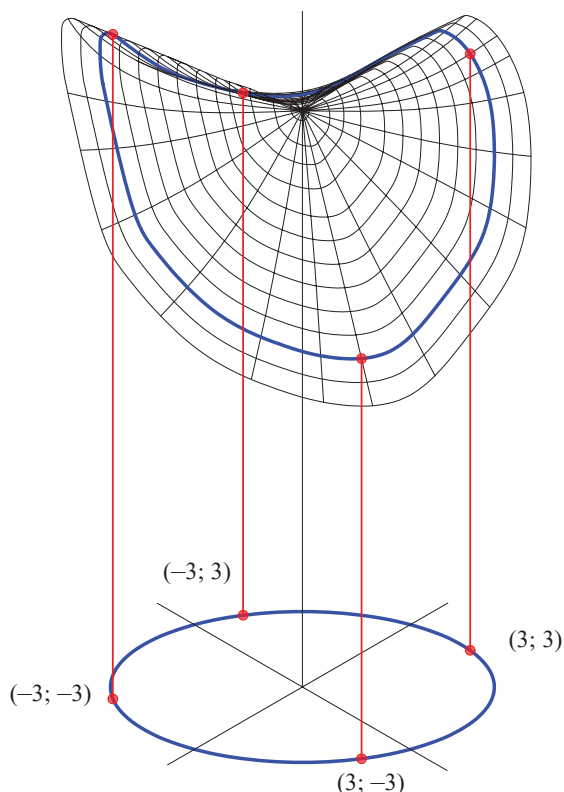


Рис. 5. Координаты точек (локальных точек максимума и минимума)

Fig. 5. Coordinates of points (local maximum and minimum points)

им подсистемы безопасности предприятия (*промышленной и пожарной безопасности, охраны труда и т.д.*), являются решениями системы уравнений:

$$\begin{cases} f_x = \lambda g_x, \\ f_y = \lambda g_y, \\ g(x, y) = k, \end{cases} \quad (17)$$

что полностью совпадает с условием, представленным в выражении (17).

Рассмотрим пример № 2 для проверки адекватности использования полученных расчетных выражений, представленных в примере № 1, если лагранжиан для получения экстремума — $f(x, y) = xy + 14$ при условии $x^2 + y^2 = 18$.

Решение. Уравнение функции лагранжиана представим в виде:

$$L(x, y, \lambda) = xy + 14 - \lambda(x^2 + y^2 - 18),$$

соответственно $L_x = y - \lambda(2x)$, $L_y = x - \lambda(2y)$ и $L_\lambda = -(x^2 + y^2 - 18)$.

Тогда критические точки функции L будут удовлетворять условию $L_x = 0$, $L_y = 0$, и $L_\lambda = 0$, что позволит записать следующие выражения: $y = \lambda 2x$ и $x = \lambda 2y$ вместе с выражением $x^2 + y^2 = 18$. Опи-

сание остальной части решения подобно решению, представленному в примере № 1.

Выводы

Выявлены существующие противоречия, возникающие в ведомственных (отраслевых) направлениях, входящих в КБ предприятия, представлены актуальность и новизна в проведении исследований, когда ресурс предприятия, выделяемый для его устойчивого функционирования, рассматривается в виде фактора влияния специалистов служб (структурных подразделений) на КБ предприятия. Дана схема, отображающая структурное содержание системного исследования по ресурсному обеспечению КБ.

Сформулировано понятие «комплексная безопасность», определены главная цель, объект и предмет исследования. Представлены три укрупненные группы факторов, влияющих на выбор рационального распределения трудовых ресурсов для обеспечения КБ предприятия. Показаны результаты проведенных исследований, связанных с возникновением опасностей на предприятиях из-за влияния работающего персонала служб (структурных подразделений) на обеспечивающие ими подсистемы безопасности, входящие в КБ предприятия, которые сформированы в укрупненные группы в виде пяти исследовательских направлений.

Представлено обоснование по выбору метода множителей Лагранжа, на основе применения которого сформирована постановка проблемы по рациональному распределению ресурса предприятия, предназначенного для поддержания устойчивого функционирования ведомственных (отраслевых) направлений, входящих в КБ предприятия. Сделаны выводы о том, что представленный в статье метод будет использоваться не обособленно, а в виде аппарата, взаимодействующего с другими современными численными методами для решения частных задач.

Представлен пример с описанием последовательного нахождения критических точек, которые имеют отношение к показателям веса (коэффициента) влияния персонала на обеспечиваемые им ведомственные (отраслевые) направления, входящие в КБ предприятия.

Научную основу дальнейшей работы будет представлять подробное исследование и теоретическое описание работы служб (структурных подразделений), от влияния которых на ведомственные (отраслевые) направления, входящие в КБ предприятия, будет зависеть показатель устойчивости функционирования предприятия.

В итоге решение задач, входящих в содержание методологически описанной проблемы, даст

возможность разработать методологию синтеза комплексной безопасности, способной адаптироваться к различным условиям функционирования предприятия (режимы повседневной деятельности, угрозы и возникновения ЧС), что имеет важное хозяйственное для России значение [24, 25].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздев Е.В., Матвиенко Ю.Г. Комплексная оценка риска на предприятиях жизнеобеспечения, имеющих опасные производственные объекты // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 10. С. 69–78. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-10-69-78
2. Гвоздев Е.В., Сулима Т.Г. Оценка риска возникновения опасностей в техносфере, на примере предприятия по жизнеобеспечению населения региона // Технологии гражданской безопасности. 2019. Т. 16. № 4 (62). С. 50–56. URL: https://www.vniigochs.ru/storage/photos/4/TGB_articles/2019/N4_2019/Assessing%20the%20Risk%20of%20Hazards%20in%20the%20Technosphere_tgb_4_2019_p8.pdf
3. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. 6-е изд., перераб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2011. 512 с.
4. Гвоздев Е.В., Матвиенко Ю.Г. К обеспечению комплексной безопасности предприятий, имеющих опасные производственные объекты // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2020. № 2. С. 72–81. DOI: 10.36535/0869-4176-2020-02-9
5. Долгов А.И. Подготовка и экспертиза диссертаций : монография. Ростов : МО РФ, 1993. 216 с.
6. Гвоздев Е.В., Грибанова Е.Б., Матвиенко Ю.Г. Методология анализа показателей влияния человеческого фактора на комплексную безопасность электроэнергетических предприятий // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 12. С. 38–43. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-12-38-43
7. Махутов Н.А., Матвиенко Ю.Г., Романов А.Н. Проблемы прочности, техногенной безопасности и конструкционного материаловедения : монография. М. : URSS, 2018. 720 с.
8. Gorecky D., Schmitt M., Loskyll M., Zühlke D. Human-machine-interaction in the industry 4.0 era // 2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN). IEEE, 2014. DOI: 10.1109/INDIN.2014.6945523
9. Болгов С.В. Автоматизированное проектирование строений с заданным уровнем безопасности функционирования на этапе эксплуатации : дис. ... канд. техн. наук. М., 2005. 141 с.
10. Trueba-Alonso P., Corrales-Quirós C., Méndez-Salguero J., Rejas-López L. Evolution of plant operation in main control rooms of nuclear power plants as a consequence of modernization programs // 11th Nuclear Plant Instrumentation, Control, and Human-Machine Interface Technologies, NPIC and HMIT 2019. 2019.
11. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность / под ред. Н.А. Махутова. М. : Знание, 2018. 1016 с.
12. McDermott P.L., Ries A.J., Plott B., Touryan J., Barnes M., Schweitzer K. A cognitive systems engineering evaluation of a tool to aid imagery analysts // Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 2015. Vol. 59. No. 1. Pp. 274–278. DOI: 10.1177/1541931215591056
13. Махутов Н.А., Гаденин М.М., Буйновский С.Н., Гражданкин А.И. Научные основы промышленной безопасности в многотомном издании «Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты» // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 4. С. 17–26. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-4-17-26
14. Donham K.J., Thelin A., Donham K.J., Thelin A. General environmental hazards in agriculture communities. Agricultural Medicine. 2016. Pp. 251–291. DOI: 10.1002/9781118647356.ch7
15. Щербина В.И., Любимов М.М. Концепция системы национальных стандартов по системам безопасности зданий и сооружений // Безопасность в строительстве. 2008. № 1. С. 16–24.
16. Stock T., Obenaus M., Kunz S., Kohl H. Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential // Process Safety and Environmental Protection. 2018. Vol. 118. Pp. 254–267. DOI: 10.1016/j.psep.2018.06.026
17. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Фундаментальные и прикладные проблемы комплексной безопасности / под ред. Н.А. Махутова. М. : Знание, 2017. 992 с.
18. Блюмин С.Л., Суханов В.Ф., Чеботарев С.В. Экономический факторный анализ : монография. Липецк : ЛЭГИ, 2004. 148 с.

19. Curea Ș.C., Ciora C. The impact of human capital on economic growth // *Quality — Access to Success*. 2013.
20. Bojita A., Purcar M., Boianeanu C., Topa V. Efficient computational methodology of thermo-mechanical phenomena in the metal system of power ICs // 2019 25th International Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems (THERMINIC). 2019. DOI: 10.1109/THERMINIC.2019.8923502
21. Reynolds W.C., Colonna P. The method of Lagrange multipliers // *Thermodynamics*. 2019. Pp. 392–393. DOI: 10.1017/9781139050616.017
22. Upreti S.R. Lagrange multipliers. Optimal Control for Chemical Engineers. CRC Press, 2016. Pp. 87–121. DOI: 10.1201/b13045-4
23. Zhao S., Song J., Ermon S. The information autoencoding family: A lagrangian perspective on latent variable generative models // 34th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence 2018, UAI 2018. 2018.
24. Гвоздев Е.В. Методология синтеза адаптивной системы комплексной безопасности на предприятии жизнеобеспечения населения региона // *Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety*. 2020. Т. 29. № 2. С. 6–16. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.02.6-16
25. Гвоздев Е.В. Методология динамического факторного воздействия служб на обеспечиваемые ими подсистемы безопасности // *Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety*. Т. 29. № 4. С. 15–24. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.04.15-31

REFERENCES

1. Gvozdev E.V., Matvienko Yu.G. Comprehensive risk assessment at the life support enterprises with hazardous production facilities. *Occupational Safety in Industry*. 2019; 10:69-78. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-10-69-78 (rus).
2. Gvozdev E.V., Sulima T.G. Assessing the risk of hazards in the technosphere: A case study of a regional essential service provider. *Civil Security Technology*. 2019; 16:4(62):50-56. URL: https://www.vniigochs.ru/storage/photos/4/TGB_articles/2019/N4_2019/Assessing%20the%20Risk%20of%20Hazards%20in%20the%20Technosphere_tgb_4_2019_p8.pdf (rus).
3. Raizberg B.A., Lozovsky L.Sh., Starodubtseva E.B. *Modern economic dictionary*. 6th ed., revised and enlarged. Moscow, INFRA-M Publ., 2011; 512. (rus).
4. Gvozdev E.V., Matvienko Yu.G. To ensure comprehensive safety of enterprises with hazardous production facilities. *Safety and Emergencies problems*. 2020; 2:72-81. DOI: 10.36535/0869-4176-2020-02-9
5. Dolgov A.I. *Preparation and examination of dissertations : monograph*. Rostov, Ministry of Defense of the Russian Federation, 1993; 216. (rus).
6. Gvozdev E.V., Griбанова E.B., Matvienko Yu.G. Methodology for analysis of the indicators of the human factor effect on the integrated safety and security of electric power enterprises. *Occupational Safety in Industry*. 2020; 12:38-43. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-12-38-43 (rus).
7. Makhutov N.A., Matvienko Yu.G., Romanov A.N. *Problems of strength, technogenic safety and structural materials science : monograph*. Moscow, URSS, 2018; 720. (rus).
8. Gorecky D., Schmitt M., Loskyll M., Zühlke D. Human-machine-interaction in the industry 4.0 era. 2014 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN). IEEE, 2014. DOI: 10.1109/INDIN.2014.6945523
9. Bolgov S.V. *Synthesis of design solutions with an increased level of safety of functioning in CAD of construction objects : dissertation of the Candidate of Technical Sciences*. Moscow, 2005; 141. (rus).
10. Trueba-Alonso P., Corrales-Quirós C., Méndez-Salguero J., Rejas-López L. Evolution of plant operation in main control rooms of nuclear power plants as a consequence of modernization programs. *11th Nuclear Plant Instrumentation, Control, and Human-Machine Interface Technologies, NPIC and HMIT 2019*. 2019. DOI: 10.1177/1541931215591056
11. *Security of Russia. Legal, socio-economic, scientific and technical aspects. Technogenic, technological and technosphere safety*; N.A. Makhutova (ed.). Moscow, Znanie Publ., 2018; 1016. (rus).
12. McDermott P.L., Ries A.J., Plott B., Touryan J., Barnes M., Schweitzer K. A cognitive systems engineering evaluation of a tool to aid imagery analysts. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2015; 59(1):274-278. DOI: 10.1177/1541931215591056
13. Makhutov N.A., Gadenin M.M., Buinovskiy S.N., Grazhdankin A.I. Scientific fundamentals of industrial safety in the multivolume series “Safety of Russia. Legal, Socio-Economic and Scientific-Technical Aspects”. *Occupational Safety in Industry*. 2020; 4:17-26. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-4-17-26. (rus).

14. Donham K.J., Thelin A., Donham K.J., Thelin A. General environmental hazards in agriculture communities. *Agricultural Medicine*. 2016; 251-291. DOI: 10.1002/9781118647356.ch7
15. Shcherbina V.I., Lyubimov M.M. The concept of the system of national standards for security systems of buildings and structures. *Safety in construction*. 2008; 1:16-24. (rus).
16. Stock T., Obenaus M., Kunz S., Kohl H. Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. *Process Safety and Environmental Protection*. 2018; 118:254-267. DOI: 10.1016/j.psep.2018.06.026
17. Security of Russia. *Legal, socio-economic, scientific and technical aspects. Fundamental and applied problems of complex*; N.A. Makhutova (ed.). Moscow, Znanie Publ., 2017; 992. (rus).
18. Blyumin S.L., Sukhanov V.F., Chebotarev S.V. *Economic factor analysis : monograph*. Lipetsk, LEGI Publ., 2004; 148. (rus).
19. Cărea Ș.C., Ciora C. The impact of human capital on economic growth. *Quality — Access to Success*. 2013.
20. Bojita A., Purcar M., Boianceanu C., Topa V. Efficient computational methodology of thermo-mechanical phenomena in the metal system of power ICs. *2019 25th International Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems (THERMINIC)*. 2019. DOI: 10.1109/THERMINIC.2019.8923502
21. Reynolds W.C., Colonna P. The method of Lagrange multipliers // *Thermodynamics*. 2019; 392-393. DOI: 10.1017/9781139050616.017
22. Upreti S.R. Lagrange multipliers. *Optimal Control for Chemical Engineers*. CRC Press, 2016; 87-121. DOI: 10.1201/b13045-4
23. Zhao S., Song J., Ermon S. The information autoencoding family: A lagrangian perspective on latent variable generative models. *34th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence 2018, UAI 2018*. 2018.
24. Gvozdev E.V. Methodology for the synthesis of an adaptive integrated security system at a regional life support enterprise. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2020; 29(2):6-16. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.04.15-31 (rus).
25. Gvozdev E.V. Methodology of dynamic factor influence of services on security subsystems that ensure comprehensive security of enterprises. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2020; 29(4):15-31. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.04.15-31 (rus).

Поступила 15.01.2021, после доработки 25.01.2021; принята к публикации 15.02.2021

Received January 15, 2021; Received in revised form January 25, 2021;

Accepted February 15, 2021

Информация об авторе

ГВОЗДЕВ Евгений Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации и электроснабжения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация; РИНЦ ID: 296055; ORCID: 0000-0002-3679-1065; e-mail: evgvozdev@mail.ru

Information about the author

Evgeniy V. GVOZDEV, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of Department for Automation and Electric Supply, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation; ID RISC: 296055; ORCID: 0000-0002-3679-1065; e-mail: evgvozdev@mail.ru