

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ NP-ПОЛНОЙ ЗАДАЧИ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Стахин Д.Р., Плотников Д.Г., Соломатов М.Г.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

Ключевые слова: риски, подъемно транспортное оборудование, склад, логистика, комбинаторная оптимизация, задача о рюкзаке.

Аннотация. В статье рассматривается подход к обеспечению надежности и безопасности технологических процессов в логистических центрах путем управления рисками эксплуатации подъемно-транспортного оборудования. В работе рассмотрен метод по оценке и анализу негативных событий, состоящий из метода Файна-Кинни и метода экспертной оценки. Проанализированы возможности минимизации совокупного риска в условиях ограниченных финансовых ресурсов предприятия. Описывается метод, для определения приоритета внедрения корректирующих мероприятий для минимизации негативных событий. В основе метода лежит решение NP-полной задачи комбинаторной оптимизации, которое рассматривает зависимость финансовых затрат от величины ущерба от негативных событий. Метод позволяет сконцентрировать внимание руководителей на решении технических задач для снижения суммарного риска на предприятии или складе, с минимальными финансовыми вложениями.

RISK MANAGEMENT OF LIFTING AND TRANSPORT EQUIPMENT OPERATION BASED ON THE SOLUTION OF NP-COMPLETE COMBINATORIAL OPTIMIZATION PROBLEM

Stakhin D.R., Plotnikov D.G., Solomatov M.G.

Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg

Keywords: risks, lifting and transport equipment, warehouse, logistics, combinatorial optimization, knapsack problem.

Abstract. The article considers the approach to ensuring the reliability and safety of technological processes in logistics centers by managing the risks of operation of lifting and transportation equipment. The paper considers the method for assessing and analyzing negative events, consisting of the Fine-Kinney method and the method of expert evaluation. The possibilities of minimizing the total risk in the conditions of limited financial resources of the enterprise are analyzed. The method for determining the priority of implementing corrective measures to minimize negative events is described. The method is based on the solution of NP-complete combinatorial optimization problem, which considers the dependence of financial costs on the amount of damage from negative events. The method allows to focus the attention of managers on solving technical problems to reduce the total risk at the enterprise or warehouse, with minimal financial investment.

Введение

Надежность и безопасность технологических процессов на складах и логистических терминалах определяют эффективность функционирования цепей поставок. Используемое подъемно-транспортное оборудование является источником рисков как для обрабатываемых грузов, так и для персонала. Таким образом, необходим комплексный подход к формированию наборов корректирующих мероприятий по управлению рисками на складах, учитывающий современный опыт и особенности эксплуатируемого подъемно-транспортного оборудования.

В современных условиях трансформирующейся российской действительности вопросы управления рисками для любого предприятия, независимо от формы собственности, организационно-правовой формы, специфики деятельности и масштабов производства или предоставления услуг, приобретают все большую актуальность [1]. Изучение организационно-экономических механизмов управления рисками для российских предприятий в настоящее время является высоко актуальным: санкции и ограничение доступа к зарубежным рынкам капитала, политика импорт замещения вынуждают компании

полностью пересматривать устоявшиеся хозяйственные отношения, повышают неопределенность внешней среды, а значит, и уровень риска [2].

В настоящее время интенсивно развивается теория управления рисками предприятия на основе экономико-математических методов и информационных технологий. Применение этой теории на практике позволит повысить эффективность цепочек поставок в контексте надежности процессов обработки грузов на объектах логистической инфраструктуры и повышения устойчивости цепи поставок к внешним воздействиям [3].

Для заблаговременного снижения последствий негативных событий на, возникающих при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования на складах и логистических терминалах разработан подход к определению приоритетности корректирования негативных событий, на основе решения NP-полной задачи комбинаторной оптимизации.

Методы исследований

Выбор корректирующих мероприятий основывается на анализе технологических процессов на складе и выявлении рисков, характерных для конкретного склада, а также классификация их по вероятности возникновения и величине ущерба. В данном исследовании для анализа риска и расчета величины суммарного риска применяется метод Файна-Кинни [4]. Выбор метода связан с его наглядностью и возможностью оценить все составляющие риска в численном виде.

Согласно методу, индекс риска R_1 вычисляется путем выявления определенных числовых значений тяжести возможного ущерба, частоты воздействия и вероятности риска по следующей формуле:

$$R_1 = P_1 \cdot D_1 \cdot F_1, \quad (1)$$

где P_1 – вероятность или (математическая) вероятность того, что произойдет инцидент; математическое ожидание представлено путем присвоения значения от 0,01 до 1 в зависимости от вероятности события; D_1 – серьезность фактора указывает на возможный ущерб, последствия связанные с опасностью путем присвоения значения 1 до 40 в зависимости от степени ущерба для человека; F_1 – частота воздействия указывает, как часто в течение рабочего года человек находится в зоне конкретного риска путем присвоения значения 0,5 до 10 в зависимости от частоты воздействия опасного события.

Итоговое значение индекса риска может варьироваться и попадать в различные группы, для которых следует применять различные профилактические меры [5]. Так же удобно давать цветовое обозначение для каждого уровня риска. Это придает наглядности и происходит быстрое понимание уровня опасности для жизни и здоровья работника.

Классификация величины негативного события представлена в таблице 1.

Табл. 1. Классификация риска

№	Баллы	Риск	Профилактические меры
1	$R < 2,1$	Незначительный риск	Наблюдаем за данным событием. Допустимый риск.
2	$2,1 < R = 7,1$	Небольшой риск	Требуется внимание. Риск, за которым необходим постоянный контроль
3	$7,1 < R = 20,1$	Умеренный риск	Применять простые меры. Риск, который необходимо снизить простыми способами
4	$20,1 < R = 40,1$	Высокий риск	Немедленно применить масштабные меры. Риск, который необходимо снижать
5	$R > 40,1$	Слишком высокий риск	Прекратить деятельность / операции. Риск, который необходимо незамедлительно снизить любыми способами.

Поиск всех негативных рисков на конкретном участке проводится методом экспертной оценки [6], для этого необходимо сформировать группу экспертов, специалистов в данной области. Все негативные события и величина риска сводятся в наглядную таблицу. Ячейки с величиной риска окрашиваются по принципу таблицы 1, для быстрого определения величины

риска. Для наглядного применения методики рассмотрим складской комплекс. В складском комплексе хранятся и перемещаются различные товары при помощи подъемно-транспортного оборудования и транспортно-технологических машин, таких как штабелеры, электрические погрузчики, элетротележки и ричтраки [7]. При работе складской техники работник ежедневно сталкивается с негативными событиями для вреда и здоровья человека. На рассматриваемом складском комплексе было определено более 100 негативных событий. Рассмотрим одну группу событий. Все остальные профессиональные риски будут рассчитываться по подобному принципу. События, которые будут рассмотрены далее, объединены в группу по принципу взаимодействия с подъемно-транспортным оборудованием и транспортно-технологическими машинами (табл. 2).

Табл. 2. Негативные события до корректирующих мероприятий

№	Место возникновения	Опасная ситуация	Вероятность возникновения (P)	Ущерб от события (D)	Частота выполняемой работы (F)	P	D	F	Числовое значение риска (R)	Итоговый уровень риска
1	Погрузчики	Опасная ситуация, связанная с превышением скорости передвижения погрузчика	Ожидаемо	Травма с временной нетрудоспособностью	Постоянно (несколько раз в день)	1	3	10	30	Высокий риск
2	Погрузчики	Столкновение погрузчиков	Маловероятно, но возможно в долгосрочной перспективе	Травма без потери трудоспособности	Часто (ежедневно)	0,1	1	5	0,5	Незначительный риск
3	Центральная паллетизация	Наезд на транспортировщика	Возможно	Травма с временной нетрудоспособностью	Постоянно (несколько раз в день)	0,6	3	10	18	Умеренный риск
4	Зона отгрузки	Наезд погрузчика/ падение груза при расположении в зоне сборки заказов	Необычно (но возможно)	Травма без потери трудоспособности	Постоянно (несколько раз в день)	0,3	1	10	3	Небольшой риск

Для каждого негативного события должны быть сформулированы конкретные корректирующие мероприятия [8]. Корректирующие мероприятия, в большинстве своем, так же рассматриваются при помощи экспертов в данной области или на данном рабочем участке. Конечно, невозможно перечислить все возможные корректирующие мероприятия для одного конкретного негативного события. Однако можно максимально учесть специфику текущей ситуации и описать максимально возможные мероприятия и методы по устранению негативного риска. Для представленных выше негативных событий введены корректирующие мероприятия (табл. 3).

После внедрения корректирующих мероприятий рассчитаем заново величину риска для каждого негативного события. Предполагается, что были внедрены все корректирующие мероприятия для конкретного события. Таким образом, можно увидеть, как повлияют корректирующие мероприятия на негативные события [9]. Ячейки окрашиваются в соответствующие цвета. Таким образом, можно не видя конкретных значений понять, как снизился риск. Результаты мероприятий вносятся в новую таблицу для упрощения восприятия проведенных расчетов (табл. 4).

В случаях, когда корректирующие мероприятия повторяются в различных негативных событиях и необходимо понимание, какие мероприятия выгоднее проводить с финансовой точки зрения необходимо применить алгоритм решения NP-полной задачи комбинаторной оптимизации (задачи о рюкзаке) [10].

Табл. 3. Корректирующие мероприятия

№	Место возникновения	Опасная ситуация	Корректирующие мероприятия
1	Погрузчики	Опасная ситуация связанная с превышением скорости передвижения погрузчика	Разделение потоков движения пешеходов и погрузчиков; Допуск квалифицированного персонала; На всех складских площадях приоритет техники перед пешеходами; Определение зон пересечения потоков пешеходов и погрузчиков; Административное ограничение скорости в данных зонах (знаки, инструкции); Системное ограничение скорости погрузчиков.
2	Погрузчики	Столкновение погрузчиков	Установка купольных зеркал; Допуск квалифицированного персонала; Разделение потоков движения пешеходов и погрузчиков; Выделение зон приемки-отгрузки товара.
3	Центральная паллетизация	Наезд на транспортировщика и сотрудника клининговой компании	Разделение потоков движения пешеходов и погрузчиков; Административное ограничение скорости в данных зонах (знаки, инструкции); На всех складских площадях приоритет техники перед пешеходами; Допуск квалифицированного персонала; Уборка помещения склада клининговой компанией только во время отсутствия движения погрузчиков на складе.
4	Зона отгрузки	Наезд погрузчика/ падение груза при расположении в зоне сборки заказов	Применение ограждений; Применение табличек опасности; Разделение потоков движения пешеходов и погрузчиков; Допуск квалифицированного персонала.

Табл. 4. Негативные события после корректирующих мероприятий

№	Место возникновения	Опасная ситуация	Вероятность возникновения (P)	Ущерб от события (D)	Частота выполняемой работы (F)	P	D	F	Числовое значение риска (R)	Итоговый уровень риска
1	Погрузчики	Опасная ситуация связанная с превышением скорости передвижения погрузчика	Ожидаемо, необычно (но возможно)	Травма с временной нетрудоспособностью	Время от времени (еженедельно)	0,3	3	3	2,7	Небольшой риск
2	Погрузчики	Столкновение погрузчиков	Весьма маловероятно, но возможно	Травма без потери трудоспособности	Постоянно (несколько раз в день)	0,0	1	5	0,25	Незначительный риск
3	Центральная паллетизация	Наезд на транспортировщика	Маловероятно, но возможно в долгосрочной перспективе	Травма с временной нетрудоспособностью	Постоянно (несколько раз в день)	0,1	3	10	3	Небольшой риск
4	Зона отгрузки	Наезд погрузчика/ падение груза при расположении в зоне сборки заказов	Весьма маловероятно, но возможно	Травма без потери трудоспособности	Постоянно (несколько раз в день)	0,05	1	10	0,5	Незначительный риск

Общая постановка задачи о рюкзаке звучит так: как уложить вещи, каждая из которых имеет свой вес и свою стоимость, в рюкзак ограниченной вместимости по весу. Существует шесть различных разновидностей задач о рюкзаке: 1) рюкзак 0-1; 2) ограниченный рюкзак; 3) неограниченный рюкзак; 4) рюкзак с мультивыбором; 5) мультипликативный рюкзак; 6) многомерный рюкзак.

Так как задача является NP-полной, то для неё нет полиномиального алгоритма, решающего задачу за разумное время. Поэтому необходимо выбирать между точными, но медленными алгоритмами, такими как метод простого перебора, метод ветвей и границ, динамическое программирование; и неточными, но более быстрыми: жадные алгоритмы; генетические алгоритмы [11].

Введем финансовое ограничение, которое предприятие готово выделить на корректирующие мероприятия и стоимость одного корректирующего мероприятия. Для удобства расчета 10 000 руб. примем как 1 у.е. Необходимо найти наибольшую сумму значений выбранных объектов.

Задачу о рюкзаке можно решать различными способами, однако именно с помощью динамического программирования можно получить точные значения по сравнению с жадным и генетическим алгоритмом. А по сравнению с методом перебора и ветвей, и границ метод динамического программирования имеет временную сложность O [12, 13]:

$$O((W-1) \cdot (N-1) \cdot (N+1)/2) \approx O(N \cdot W), \quad (2)$$

где W – вместимость рюкзака; N – количество предметов для рюкзака.

Результаты

Решение задачи о рюкзаке с помощью динамического программирования происходит благодаря языкам программирования, такие как C++, Python или Java Script. Однако для наглядного понимания решим задачу вручную. Для этого нужно построить таблицу, в которой будет последовательно просчитано, сколько корректирующих мероприятий можно ввести для снижения общего уровня негативных событий с учетом максимального финансового вложения компании.

Предположим, что компания готова профинансировать проект по снижению рисков в сумму 100 000 руб., которую примем за 10 условных единиц.

Для определения ценности одного отдельного корректирующего мероприятия вводится вес корректирующего мероприятия M , который определяется по формуле:

$$M = (R_1 - R_2) / N, \quad (3)$$

где R_1 – величина риска негативного события до корректирующих мероприятий; R_2 – величина риска негативного события после корректирующих мероприятий; N – количество корректирующих мероприятий в данном негативном событии.

Рассчитаем вес корректирующего мероприятия для негативного события №1:

$$M = (30 - 2,7) / 6 = 4,55 \approx 5.$$

Таким образом, была определена величина веса негативного события. Предположим, что у одного негативного события веса корректирующих мероприятий будут одинаковыми. Тогда вес одного и того же корректирующего мероприятия у разных негативных событий будет отличаться по величине. В таком случае выбираем наибольшее значение веса корректирующего мероприятия среди различных негативных событий. Потому что необходимо определить наибольшее влияние корректирующего мероприятия на негативное событие.

В общем случае формула для стоимости в каждой ячейке выглядит так:

$$K[w, j] = \max \{K[w - w_j, j - 1] + v_j, K[w, j - 1]\}, \quad (4)$$

где $K[w, j]$ – максимально возможная сумма значений; w – финансовое ограничение; j – количество корректирующих мероприятий [14].

Для наглядности решения построим таблицу (табл. 5), в которой будет последовательно просчитаны все возможные варианты.

В шапке таблицы 5 представлены единицы стоимости, которую необходимо затратить для введения корректировок негативного события. Слева описаны, какие именно будут введены корректирующие мероприятия. В таблице необходимо найти наибольшее число. Для этого пользуемся ценой и весом корректирующего мероприятия. В таблицу 5 добавляется вес корректирующего мероприятия в соответствующий стоимости столбец. Каждый следующий вес мероприятия суммируется с предыдущим. Предположим, что каждое мероприятие в равной степени влияет на снижение итогового риска. Таким образом, наибольшая сумма дает наибольший вес, следовательно, наибольшее влияние на корректирование риска.

Табл. 5. Комбинация приоритетных к внедрению корректирующих мероприятий

Характеристика	Цена	Вес	Количественная оценка											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Разделение потоков движения пешеходов и погрузчиков	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Допуск квалифицированного персонала	2	5	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
На всех складских площадях приоритет техники перед пешеходами	0	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Определение зон пересечения потоков пешеходов и погрузчиков	1	5	5	5	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Административное ограничение скорости в данных зонах (знаки, инструкции)	0	5	10	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Установка купольных зеркал	2	1	10	15	15	20	20	21	21	21	21	21	21	21
Выделение зон приемки-отгрузки товара	0	1	11	16	16	21	21	22	22	22	22	22	22	22
Уборка помещения склада клининговой компанией только во время отсутствия движения погрузчиков на складе	0	3	14	20	20	24	24	25	25	25	25	25	25	25
Применение ограждений	3	1	14	20	20	24	24	25	25	25	25	26	26	26
Применение табличек опасности	2	1	14	20	20	24	24	25	25	25	25	26	26	27

Заключение

На основании проведенного исследования можно сделать несколько выводов. При введенном финансовом ограничении видно, какое количество корректирующих мероприятий можно внедрить. Не все корректирующие мероприятия могут быть внедрены одновременно. Таблица показывает, какое сочетание мероприятий по снижению риска окажет наибольшее воздействие на итоговый риск. При управлении рисками, результаты приведенной таблицы показывают, какие мероприятия необходимы к внедрению в первую очередь, чтобы максимально снизить риск.

Описанный алгоритм может помочь руководителю отдела в логистических центрах путем анализа и управления рисками эксплуатации подъемно-транспортного оборудования. Анализ и оценка негативных событий может быть проведена различными способами. Метод экспертной оценки и метод Файна-Кинни были выбраны в связи с тем, что дают конкретные числовые значения. Благодаря этому, можно определить величину риска на конкретном участке. Так же обе методики просты в использовании, что дает возможность быстро их ввести на новом складе или производстве.

Метод решения задачи о рюкзаке так же выбран в связи с получением конкретных числовых значений. Благодаря этому у руководителей и менеджеров предприятий не будет сложностей в принятии решений. Так как алгоритм наглядным образом показывает, как финансовые вложения будут влиять на изменение риска. Конечно, на практике потребуются множество усилий, чтобы теоретические значения были воспроизведены в реальных производственных условиях.

Данный метод позволит заблаговременно снижать последствия негативных событий возникающих при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования на складах и логистических терминалах.

Список литературы

1. Вяцкова Н.А. К вопросу о сущности и классификации методов управления рисками // Проблемы экономики и менеджмента. – 2015. – № 9(49). – С. 15-26.
2. Созаева Д.А. Управление рисками: подходы, модели, методологии // Проблемы анализа риска. – 2016. – Т. 13, № 4. – С. 6-20.
3. Кулешова Е.В. Управление рисками проектов. – М.: Томск: ТУСУР, Эль контент, 2015. – 188 с.
4. Kuleshov V.V., Skuba P.Y., Ignatovich I.A. Assessment of the severity of the last accident based on the Fine-Kinney Method // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021, vol. 720, no. 1, p. 12094.
5. Стахин Д.Р., Плотников Д.Г. Этапы риск менеджмента на транспортных узлах // Транспорт России: Проблемы и перспективы. Материалы Международной научно-практической конференции. Том 2. – СПб.: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2022. – С. 37-41.

6. Куркина Е.П., Шувалова Д.Г. Оценка риска: экспертный метод // Проблемы науки. – 2017. – № 1 (14). – С. 63-69.
7. Радаев А. Е. Формирование структуры парка подъемно-транспортного оборудования складской системы // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2013. – № 3. – С. 1009-1019.
8. Muriana C., Vizzini G. Project risk management: A deterministic quantitative technique for assessment and mitigation // International Journal of Project Management. 2017, vol. 35, no. 3, pp. 320-340.
9. Stakhin D.R., Plotnikov D.G. The method for determining the risks of the transport of dangerous goods // Advances in Mechanical Engineering. 2021, pp. 194-203.
10. Martello S., Toth P. Algorithms for knapsack problems // North-Holland Mathematics Studies. 1987, vol. 132, pp. 213-257.
11. Додонова М.М. Изучение различных постановок задачи о рюкзаке и методов их решения // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. – С. 4.
12. Abdollahzadeh B., Barshandeh S., Javadi H., Epicoco N. An enhanced binary slime mould algorithm for solving the 0–1 knapsack problem // Engineering with Computers. 2022, vol. 38, pp. 3423-3444.
13. Топка В.В. Многомерная задача о рюкзаке: эффективный метод решения и возможные приложения // Труды института системного анализа Российской академии наук. – 2019. – Т. 69, № 2. – С. 54-64.
14. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы / Пер. с англ., под ред. Шеня А. –М.: Изд-во МЦНМО, 2014. – 319 с.

References

1. Vyatskova N.A. To the question of the essence and classification of risk management methods // Problems of Economics and Management. 2015, no. 9(49), pp. 15-26.
2. Sozaeva D.A. Risk management: approaches, models, methodologies // Problems of risk analysis. 2016, vol. 13, no. 4, pp. 6-20.
3. Kuleshova E.V. Project Risk Management. – М.: Tomsk: TUSUR El Content, 2015. – 188 p.
4. Kuleshov V.V., Skuba P.Y., Ignatovich I.A. Assessment of the severity of the last accident based on the Fine-Kinney Method // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021, vol. 720, no. 1, p. 12094.
5. Stakhin D.R., Plotnikov D.G. Stage of risk management at transport hubs // Transport in Russia: problems and prospects. Materials of the International Scientific and Practical Conference. Vol. 2. – SPb.: N.S. Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences, 2022. – P. 37-41.
6. Kurkina E. P., Shuvalova D. G. Risk assessment: expert method // Problems of Science. 2017, no. 1(14), pp. 63-69.
7. Radaev A. E. Formation of handling machinery base's structure for warehouse system // Modern Engineering. Science and Education. 2013, no. 3, pp. 1009-1019.
8. Muriana C., Vizzini G. Project risk management: A deterministic quantitative technique for assessment and mitigation // International Journal of Project Management. 2017, vol. 35, no. 3, pp. 320-340.
9. Stakhin D.R., Plotnikov D.G. The method for determining the risks of the transport of dangerous goods // Advances in Mechanical Engineering. 2021, pp. 194-203.
10. Martello S., Toth P. Algorithms for knapsack problems // North-Holland Mathematics Studies. 1987, vol. 132, pp. 213-257.
11. Dodonova M. M. Study of different formulations of the knapsack problem and methods of their solution // Youth and Science: Proceedings of the X Jubilee All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists with International Participation, dedicated to the 80th Anniversary of the Krasnoyarsk Krai Education. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2014. – P. 4.
12. Abdollahzadeh B., Barshandeh S., Javadi H., Epicoco N. An enhanced binary slime mould algorithm for solving the 0–1 knapsack problem // Engineering with Computers. 2022, vol. 38, pp. 3423-3444.
13. Topka V.V. Multidimensional knapsack problem: an efficient solution method and possible applications // Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences. 2019, vol. 69, no. 2, pp. 54-64.
14. Dasgupta C., Papadimitriou H., Vazirani U. Algorithms / Transl. from English, ed. by Shen. A. –М.: Publ. house ICNMO, 2014. – 319 p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Стахин Дмитрий Романович – аспирант	Stakhin Dmitry Romanovich – postgraduate student
Плотников Дмитрий Георгиевич – кандидат технических наук доцент	Plotnikov Dmitry Georgievich – candidate of technical sciences, associate professor
Соломатов Максим Геннадьевич – кандидат технических наук	Solomatov Maksim Gennadievich – candidate of technical sciences
dr.stakhin@gmail.com	

Получена 05.04.2024