

УДК 004.087

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ОПАСНЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ИСКЛЮЧЕНИЯ  
ЭФФЕКТА ДОМИНО**

**OPTIMIZATION OF DANGEROUS PRODUCTION EQUIPMENT  
LOCATION TAKING INTO ACCOUNT EFFECT DOMINO  
EXCLUSION**

**А.Г. Филиппова, Д.Б. Самков**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа, Российская Федерация**

**Albina G. Filippova, Denis B. Samkov**

**Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation**

**e-mail: Albina\_22@list.ru**

**Аннотация.** Ускорение темпов производства, расширение масштабов производственной деятельности предприятия связано с возрастающим использованием энергонасыщенных технологий и опасных веществ, а также с усложнением самих технологических процессов и режимов управления производством. В результате такого подхода, наряду с развитием научно-технического прогресса в промышленности имеет место устойчивая тенденция роста числа аварий с более тяжелыми последствиями.

При решении задачи компоновки технологического оборудования на производственной площадке обеспечиваются условия функционирования технологической схемы, что в основном сводится к обеспечению транспортировки материальных потоков, а также условий монтажа и обслуживания оборудования и трубопроводов, однако не принимаются к

рассмотрению факторы, вызывающие вероятность возникновения принципа домино.

Задача нахождения оптимального безопасного местоположения аппаратов, когда их численность несколько десятков, с учетом их технологических связей является достаточно трудоемкой и не выполнима без применения современной вычислительной техники. Таким образом, актуальным является исследование, посвященное созданию алгоритма и метода расчета оптимального безопасного расположения технологических аппаратов установок нефтеперерабатывающих предприятий.

Авторами статьи на примере установки висбрекинга гудрона предлагается алгоритм метода определения координат оптимального расположения оборудования на технологической площадке, учитывающий расположение переносимого оборудования относительно других аппаратов и минимизацию ожидаемого ущерба основным фондам, а также исключая эффект домино.

Подобный подход позволяет выбрать наиболее опасное оборудование и уже на стадии проектирования спланировать оптимальное его расположение, а на стадии эксплуатации оценить в каждом конкретном случае ресурс безопасной эксплуатации сопрягаемого оборудования.

**Abstract.** Accelerating the pace of production, expanding the scale of the production activity of the enterprise is associated with the increasing use of energy-saturated technologies and hazardous substances, as well as with the increasing complexity of technological processes and production management modes. As a result of this approach, along with the development of scientific and technological progress in industry, there is a steady increase in the number of accidents with more serious consequences.

When solving the task of arranging technological equipment at the production site, the operating conditions of the technological scheme are ensured, which basically boils down to ensuring the material flows transportation, as well as the conditions for installation and maintenance of

equipment and pipelines, but the factors causing the likelihood of the domino principle are not taken into consideration.

The task of finding the optimal safe location of devices, when their number is several dozen, taking into account their technological connections, is rather laborious and not feasible without modern computer technology use. Thus, the study on the creation of an algorithm and a method for calculating the optimal safe technological devices location at the oil refineries is relevant.

The authors of the article, using the tar visbreaking unit example, propose an algorithm for determining the coordinates of the optimal equipment location on a technological site, taking into account the location of the portable equipment relative to other devices and minimizing the expected damage to fixed assets, as well as excluding the domino effect.

This approach allows to choose the most dangerous equipment and at the design stage to plan its optimal location, and at the operation stage to evaluate in each case the resource of mating equipment safe operation.

**Ключевые слова:** эффект домино, безопасность, технологическое оборудование, нефтеперерабатывающие предприятия, ущерб, основные фонды

**Keywords:** domino effect, safety, technological equipment, oil refineries, damage, fixed assets

## Введение

Анализ нормативно-технической документации показал, что отсутствуют нормы по взаимному расположению взрывоопасных аппаратов на территории установки. Задача нахождения оптимального безопасного местоположения таких аппаратов, когда их численность несколько десятков, с учетом технологических связей является достаточно трудоемкой и не выполнима без применения современной вычислительной техники [1].

Вопросы моделирования размещения производства, впервые описанные в трудах немецких ученых И. Тюнена, А. Вебера и впоследствии В. Кристаллера и А. Леша [2] еще в середине 19 века, в настоящее время направлены на более детальное формулирование задач оптимального размещения производства и поиск методов их решения с реализацией на современной компьютерной технике.

Моделированию задач размещения производства на современном уровне уделено также большое внимание в работах зарубежных ученых М. Даскина, З. Дрезнера, С. Хакими, Р. Черча и др. [3-8]. В своих трудах они описывают различные модели размещения, учитывающие многономенклатурный характер производства, временные и вероятностные параметры производственного процесса, ограничения на объем производства.

Развитию теории размещения также способствовали труды отечественных ученых, таких как: В. Черенин, В. Хачатуров, В. Трубин, В. Береснев, В. Дементьев [9-11], В.Р. Идрисов, Е.М. Ковалев, А.Г. Чиркова [12-14] и др.

В рассматриваемых трудах до 2000-х годов авторы рассматривали расположение оборудования лишь с точки зрения оптимизации материальных потоков. В трудах опубликованных после 2004 г. авторами уже упоминается понятие «принцип домино», но не предлагается определение оптимальных координат расположения оборудования по двум (минимум до соседнего объекта и минимум ожидаемого ущерба основным фондам) контрольным характеристикам одновременно. Поэтому следует признать актуальным и отвечающим потребностям промышленной практики исследование, посвященное созданию алгоритма и метода расчета оптимального безопасного расположения технологических аппаратов установок нефтеперерабатывающих предприятий.

Авторами статьи предлагается научному сообществу для обсуждения подход для нахождения оптимального расположения оборудования и расчета ожидаемого экономического ущерба основным фондам.

### **Основная часть**

Ускорение темпов производства, расширение масштабов производственной деятельности связано с возрастающим использованием энергонасыщенных технологий и опасных веществ, а также с усложнением самих технологических процессов и режимов управления производством. Как следствие, наряду с развитием научно-технического прогресса в промышленности имеет место устойчивая тенденция роста числа аварий со всеми более тяжелыми экологическими, экономическими и социальными последствиями [15, 16].

Виды аварий на предприятиях нефтепереработки, нефтехимии и нефтепродуктообеспечения за 2007 – 2017 гг. показаны в таблице 1.

Из представленных в таблице 1 данных следует, что из 191 аварии за 10 лет произошло по причинам: взрыва 76 аварий (40 %), пожара 71 авария (37 %), выброса опасных веществ 23 %.

Анализ существующих методических подходов к оценке реализаций аварийных ситуаций на особо опасных объектах (ОПО) и их последствий показал, что несмотря на высокую научно-практическую значимость перечисленных трудов отмечается определенная сложность в применении изложенных в них методик для конкретного объекта, что связано, в первую очередь, с абстрактным рассмотрением негативных процессов.

Как было отмечено выше, задача нахождения оптимального варианта объемно-планировочных решений при проектировании производств является одной из наиболее трудоемких. Причем нахождение оптимального варианта предусматривает выбор наилучшего с точки зрения того или иного критерия отбора из всех допустимых, но на практике часто

оказывается проблематичным найти хотя бы одно или несколько допустимых решений задачи в связи со множеством ограничений.

Таблица 1. Статистика аварийности по видам аварий на особо опасных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения за 2007–2017 гг. [15, 17]

Годы	Виды аварий						Всего	
	взрыв		пожар		Выброс опасных веществ			
	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%
2007	5	23	14	64	3	13	22	100
2008	6	46	5	39	2	15	13	100
2009	6	46	5	39	2	15	13	100
2010	9	56	4	25	3	19	16	100
2011	16	80	1	5	3	15	20	100
2012	6	33	5	28	7	39	18	100
2013	3	21	6	43	5	36	14	100
2014	5	26	8	42	6	32	19	100
2015	6	32	11	58	2	10	19	100
2016	8	44	3	16	7	40	18	100
2017	6	31	9	47	4	22	19	100
<b>ИТОГО</b>	<b>76</b>	<b>40</b>	<b>71</b>	<b>37</b>	<b>44</b>	<b>23</b>	<b>191</b>	<b>100</b>

Проведенный авторами анализ показал, что при решении задачи компоновки технологического оборудования обеспечиваются условия функционирования технологической схемы, что в основном сводится к обеспечению транспортировки материальных потоков, а также условий монтажа и обслуживания оборудования и трубопроводов, однако не принимаются к рассмотрению факторы, вызывающие вероятность возникновения принципа домино.

В качестве объекта исследования предлагается рассмотреть установку висбрекинга гудрона.

Текущее расположение оборудования установки висбрекинга гудрона представлено на рисунке 1.



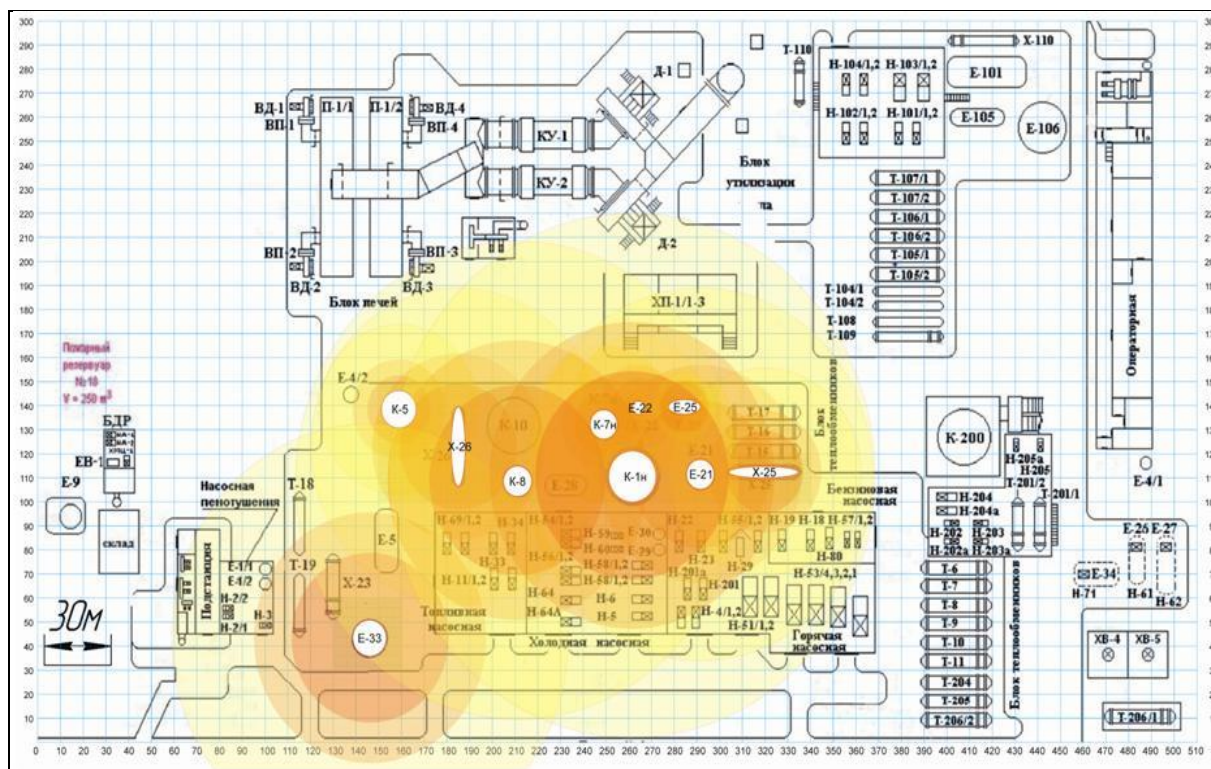


Рисунок 1. Ситуационный план с указанием радиусов действия ударной волны взрыва до переноса объектов

Количество аппаратов, попадающих в зону опасности соседних аппаратов, и их суммарный интегральный параметр представлены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 позволяет судить о том, что один и тот же аппарат установки может обладать различного рода опасностью. Расчет комплексного интегрального параметра также отображает зависимость его значения от размещения технологического оборудования на территории установки.

Авторами предлагается метод определения координат оптимального расположения оборудования на технологической площадке установки, учитывающий расположение переносимого оборудования относительно других аппаратов и минимизацию ожидаемого ущерба основным фондам, а также исключаящий принцип эффекта домино.

Таблица 2. Количество аппаратов, попадающих в зону опасности соседних аппаратов, и их суммарный интегральный параметр

Установки	ИП отдельного аппарата	Интегральный параметр Соседних аппаратов	Суммарный интегральный параметр	
К-1 (Ректификационная колонна)	1,81	Е-21, К-7, Е-22,Е-25, Х-25,К-8,К-5,Х-26	6,34	8,15
Х-25 (Холодильник паров из Е-21)	1,60	Е-21, Е-25	0,69	2,29
Е-21(Емкость орошения колонны К-1)	1,59	Х-25, Е-25, К-1, Е-22, К-7	4,90	6,49
К-8 (Отпарная колонна)	1,38	Х-26, К-1,К-7, К-5	2,92	4,30
Е-33 (Буферная емкость легкого газойля)	1,37	-	0	1,37
Х-26 Холодильник бензина)	1,34	К-8, К-5	0,76	2,10
Е-22 (Газосепаратор перед К-7)	1,09	Е-25, К-1, К-7	0,50	1,59
К-5 (Буферная емкость газойля)	0,95	Х-26	0,40	1,35
К-7 (Абсорбер очистки газа от сероводорода)	0,77	К-7, Е-22, К-1	1,86	2,63
Е-25 (Емкость технологического конденсата)	0,71	-	0	0,71

Алгоритм предлагаемого метода представлен на рисунке 2.

Предлагаемый алгоритм позволяет оптимизировать параметры расположения оборудования, используя метод градиента, путем определения в каждой новой точке соседство аппаратов и ожидаемого ущерба основным фондам с их последующим сравнением.

После выполнения повторной процедуры визуализации радиусов зон разрушения оборудования (рисунок 3), становится возможным определение перечня оборудования, попадающего в соответствующие зоны (таблица 3).



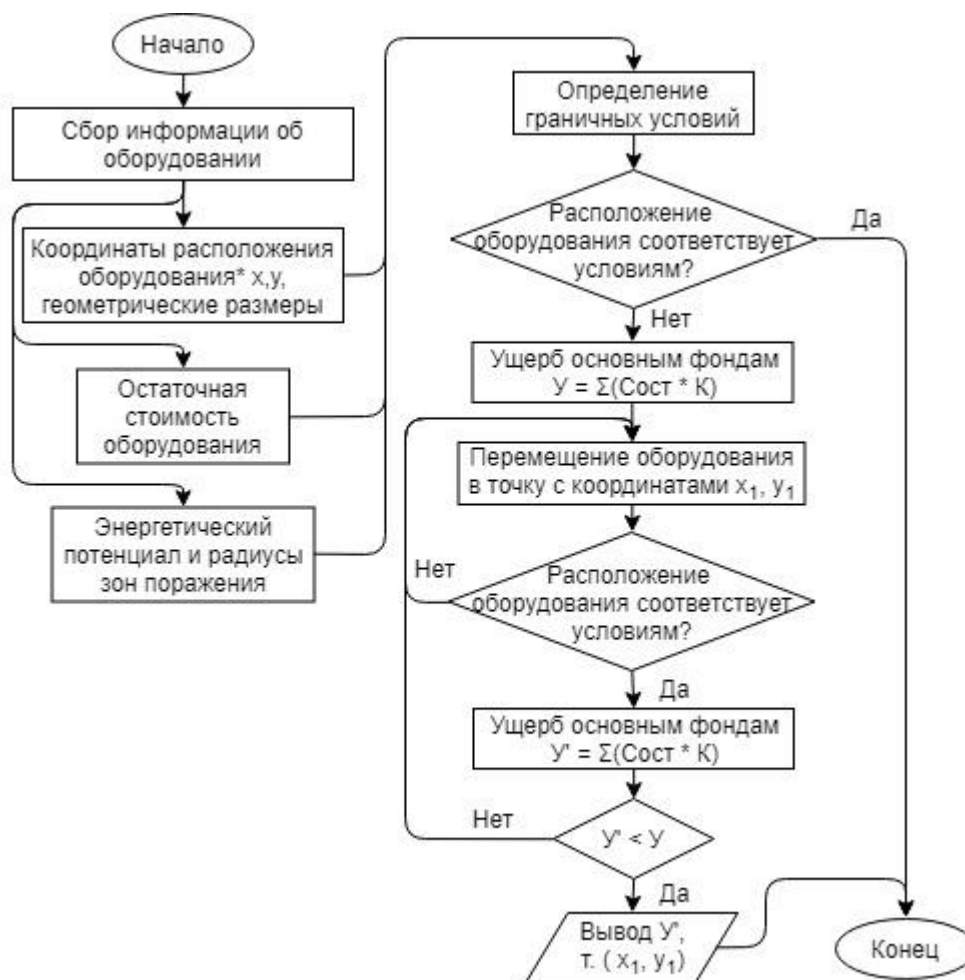


Рисунок 2. Алгоритм предлагаемого метода

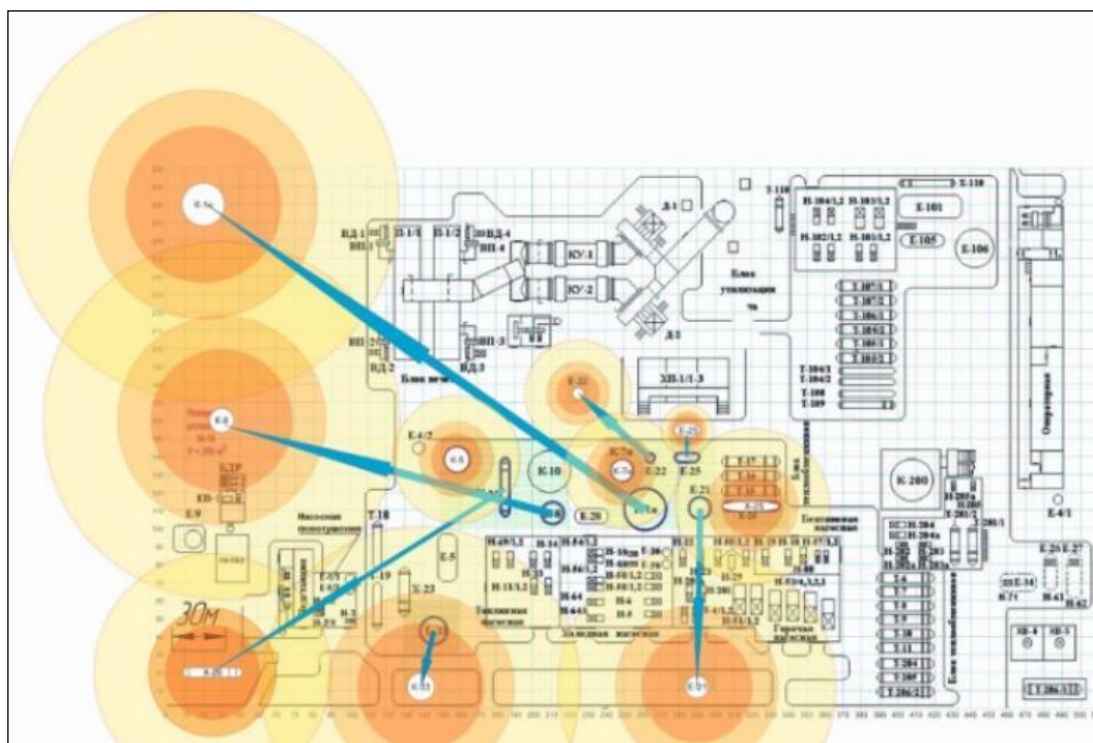


Рисунок 3. Ситуационный план с указанием радиусов действия ударной волны взрыва после переноса объектов

Таблица 3. Распределение оборудования по радиусам зон поражения (после переноса объектов)

Оборудование	Перечень оборудования по зонам разрушения				
	R1	R2	R3	R4	R5
К-8	К-8	–	–	К-1н; Е-33; Е-22; Е-25; К-7н; К-5; Х-26;	Е-21; Х-25;
К-1н	К-1н	–	–	К-8; Е-33; Е-22; Е-25; К-7н; К-5; Х-26;	Е-21; Х-25;
Е-33	Е-33	–	–	К-8; Е-21; Е-22; Е-25; К-7н; К-5; Х-25; Х-26;	К-1н;
Е-21	Е-21	–	–	Е-33; Е-22; Е-25; К-7н; К-5; Х-25;	К-8; К-1н; Х-26;
Е-22	Е-22	–	–	Е-25; К-7н; К-5;	К-8; К-1н; Е-33; Е-21; Х-25; Х-26;
Е-25	Е-25	–	–	–	Е-21; Е-22; Х-25
К-7н	К-7н	–	–	Е-22; Е-25; К-5; Х-25;	К-8; К-1н; Е-33; Е-21; Х-26;
К-5	К-5	–	–	Е-22; К-7н;	К-8; К-1н; Е-33; Е-21; Е-25; Х-25; Х-26;
Х-25	Х-25	–	–	Е-21; Е-22; Е-25; К-7н;	К-8; К-1н; Е-33; К-5; Х-26;
Х-26	Х-26	–	–	К-8; Е-33; К-5;	К-1н; Е-21; Е-22; Е-25; К-7н; Х-25;

Благодаря проведенному расчету по предлагаемому алгоритму определяются координаты оптимального расположения переносимого оборудования на технологической площадке. Расстояние переноса оборудования, а также затраты на монтаж трубопроводной системы (включающие ее диагностику и оплату труда рабочим) представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 следует, что для обеспечения оптимального расположения оборудования и исключения принципа домино на установке висбрекинга гудрона было достаточно понести затраты на общую сумму менее 1 млн руб.

Подобный подход позволяет выбрать наиболее опасное оборудование и уже на стадии проектирования спланировать оптимальное его расположение, а на стадии эксплуатации – оценить в каждом конкретном случае ресурс безопасной эксплуатации сопрягаемого оборудования.

Таблица 4. Сметная стоимость затрат на материалы и работы по монтажу трубопроводной системы

Оборудование	Начальные координаты, т.(х,у)	Конечные координаты, т.(х <sub>1</sub> ,у <sub>1</sub> )	Расстояние переноса, м	Сметная стоимость монтажа трубопроводной системы, руб.
К-1	211;108	30;160	188	158692,68
Х-25	262;111	20;280	295	249012,45
Е-21	146;43	139;12	32	27011,52
К-8	292;111	290;12	99	83566,89
Е-33	264;139	225;175	53	44737,83
Х-26	285;138	285;154	16	13505,76
Е-22	249;132	249;132	0	0,00
К-5	159;138	159;138	0	0,00
К-7	320;112	320;112	0	0,00
Е-25	185;123	25;20	191	161225,01
<b>ИТОГО</b>				<b>737 752,14</b>

Используя алгоритм, представленный на рисунке 2, также становится возможным определение ожидаемого ущерба основным фондам. Расчетные показатели ожидаемого ущерба основным фондам до и после переноса оборудования представлены на рисунке 4.

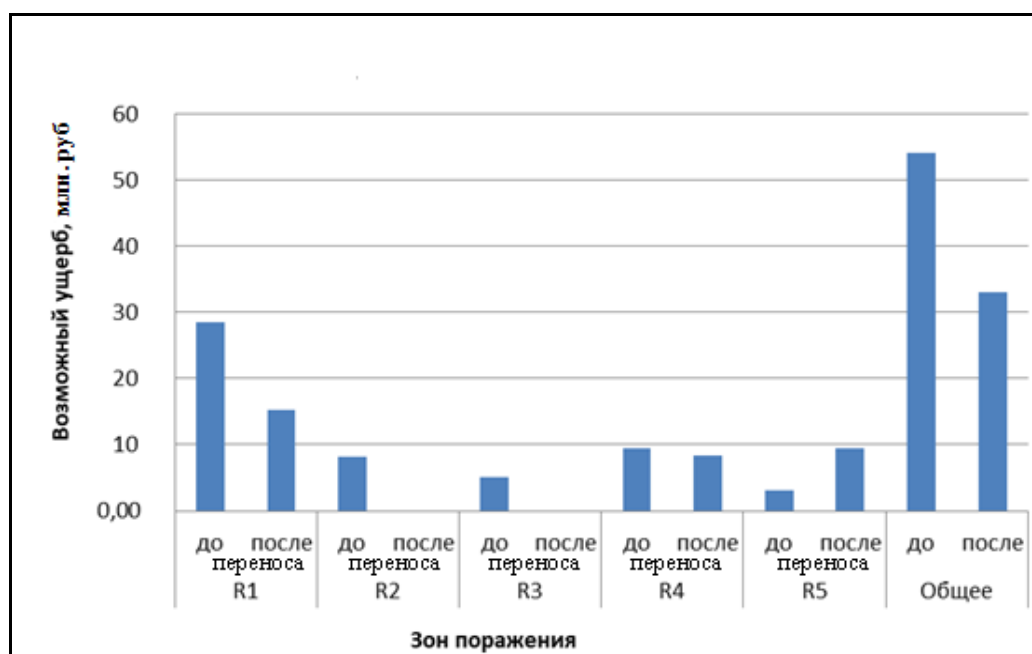


Рисунок 4. Ожидаемый экономический ущерб основным фондам

Из рисунка 4 следует, что суммарное снижение ожидаемого ущерба основным фондам составляет более 22 млн руб.

Таким образом экономический эффект от внедрения предлагаемого алгоритма определения оптимального расположения оборудования (с учетом затрат на монтаж трубопроводов) составляет более 21 млн руб.

## **Выводы**

Разработан алгоритм определения координат оптимального расположения оборудования на технологической площадке установки, учитывающий расположение переносимого оборудования относительно других аппаратов с целью исключения принципа домино и минимизации ожидаемого ущерба основным фондам. Эффективность предлагаемого подхода подтверждается расчетными и визуализированными данными.

## **Список используемых источников**

1. Егоров С.Я. Аналитические и процедурные модели компоновки оборудования промышленных производств. М.: Машиностроение-1, 2007. С. 5-19.
2. Леш А. Пространственная организация хозяйства: пер. с нем. / Под ред. академика А.Г. Гранберга. М.: Наука, 2007. 663 с.
3. Daskin M.S. Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications. New York: Wiley, 1995. 520 p.
4. Daskin M.S. What you Should Know about Location Modeling // Naval Research Logistics. 2008. Vol. 55. P. 283-294.
5. Drezner Z. Dynamic Facility Location: The Progressive  $p$ -median Problem // Location Science. 1995. Vol. 3. P. 1-7.
6. Drezner Z. Location Strategies for Satellites Orbits // Naval Research Logistics. 1988. Vol. 35. P. 503-512.
7. Hakimi S.L. Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems // Operations Research. 1965. Vol. 13. P. 462-475.

8. Church R.L., Meadows M. Location Modeling Utilizing Maximum Service Distance Criteria // Geographical Analysis. 1979. Vol. 11. P. 358-373.
9. Хачатуров В.Р., Веселовский В.Е. и др. Комбинаторные методы и алгоритмы решения задач дискретной оптимизации большой размерности. М.: Наука, 2000. 360 с.
10. Береснев В.Л. Эффективный алгоритм для задачи размещения производства с вполне уравновешенной матрицей // Дискретный анализ и исследование операций. Серия 1. Новосибирск: Институт математики им. С.П. Соболева СО РАН, 1998. Т. 5, № 1. С. 20-31.
11. Береснев В.Л., Гимади Э.Х., Дементьев В.Т. Экстремальные задачи стандартизации. Новосибирск: Наука, 1978. 333 с.
12. Идрисов В.Р., Тляшева Р.Р., Кузеев И.Р. Оценка зон потенциальной опасности опасных производственных объектов с использованием геоинформационной системы и вейвлет-анализа // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2006. № 2. URL: [http://ogbus.ru/authors/Idrisov/Idrisov\\_1.pdf](http://ogbus.ru/authors/Idrisov/Idrisov_1.pdf) (дата обращения: 11.06.2018).
13. Ковалев Е.М., Тляшева Р.Р., Чиркова А.Г. Оптимизация расположения оборудования опасных производственных объектов нефтеперерабатывающей промышленности // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. № 18. С. 176-180.
14. Ковалев Е.М. Оптимизация безопасного расположения оборудования установок нефтеперерабатывающих предприятий: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2006. 112 с.
15. Филиппова А.Г., Нуриева А.З., Наумкин Е.А., Кузеев И.Р. Оценка потенциальной опасности объектов предприятий топливно-энергетического комплекса // Надежность и безопасность энергетики. 2018. № 11 (1). С. 14-20. DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-1-14-20.

16. Filippov V.N., Scharafiev R.G., Galiakbarova E.V., Sultanova E.A., Efimenko E.L. Systems Clearing Constructions Enterprises of Oil Refining and Petrochemicals the Republic of Bashkortostan at the Present Stage of Planning of Protection Water Resources // Orient J Chem. 2015. № 31 (Special Issue1). P. 157-163. DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/31.Special-Issue1.19>.

17. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году. М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2018. С. 149-156.

### References

1. Egorov S.Ya. Analiticheskie i protsedurnye modeli komponovki oborudovaniya promyshlennykh proizvodstv [Analytical and Procedural Models of Industrial Equipment Layout]. Moscow, Mashinostroenie-1 Publ., 2007, pp. 5-19. [in Russian].

2. Lesh A. *Prostranstvennaya organizatsiya khozyaistva* [The Spatial Organization of the Economy]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 663 p. [in Russian].

3. Daskin M.S. *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*. New York: Wiley, 1995. 520 p.

4. Daskin M.S. *What You Should Know about Location Modeling*. Naval Research Logistics, 2008, Vol. 55, pp. 283-294.

5. Drezner Z. *Dynamic Facility Location: The Progressive P-Median Problem*. Location Science, 1995, Vol. 3, pp. 1-7.

6. Drezner Z. *Location Strategies for Satellites Orbits*. Naval Research Logistics, 1988, Vol. 35, pp. 503-512.

7. Hakimi S.L. Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems. *Operations Research*, 1965, Vol. 13, pp. 462-475.



8. Church R.L., Meadows M. Location Modeling Utilizing Maximum Service Distance Criteria. *Geographical Analysis*, 1979, Vol. 11, pp. 358-373.

9. Khachaturov V.R., Veselovskii V.E. e.a. *Kombinatornye metody i algoritmy resheniya zadach diskretnoi optimizatsii bol'shoi razmernosti* [Combinatorial Methods and Algorithms for Solving Problems of Discrete Optimization of Large Dimension]. Moscow, Nauka Publ., 2000, 360 p. [in Russian].

10. Beresnev V.L. Effektivnyi algoritm dlya zadachi razmeshcheniya proizvodstva s vpolne uravnoveshennoi matritsei [Efficient Algorithm for the Problem of Locating Production with a Completely Balanced Matrix]. *Diskretnyi analiz i issledovanie operatsii – Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 1998. Vol. 5, pp. 20-31. [in Russian].

11. Beresnev V.L., Gimadi E.Kh., Dement'ev V.T. *Ekstremal'nye zadachi standartizatsii* [Extreme Standardization Tasks]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978. 333 p. [in Russian].

12. Idrisov V.R., Tlyasheva R.R., Kuzeev I.R. Otsenka zon potentsial'noi opasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov s ispol'zovaniem geoinformatsionnoi sistemy i veivlet-analiza [Assessment of Potential Hazard Areas of Hazardous Production Facilities Using Geographic Information System and Wavelet Analysis]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» – Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2006, No. 2. URL: [http://ogbus.ru/authors/Idrisov/Idrisov\\_1.pdf](http://ogbus.ru/authors/Idrisov/Idrisov_1.pdf) (accessed: 11.06.2018). [in Russian].

13. Kovalev E.M., Tlyasheva R.R., Chirkova A.G. Optimizatsiya raspolozheniya oborudovaniya opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftepererabatyvayushchei promyshlennosti [Optimization of Equipment Location at Hazardous Production Facilities in the Refining Industry]. Sbornik nauchnykh statey «Mirovoe soobshество: problemy i puti resheniya» [Collection of Scientific Works «World Community: Problems and Solutions»]. Ufa, UGNTU Publ., 2005, No. 18, pp. 176-180. [in Russian].

14. Kovalev E.M. *Optimizatsiya bezopasnogo raspolozheniyaoborudovaniya ustanovok neftepererabatyvayushchikh predpriyatii* : dis. kand. tekhn. nauk [Optimization of Safe Location of Equipment at Refineries: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, 2006. 112 p. [in Russian].

15. Filippova A.G., Nurieva A.Z., Naumkin E.A., Kuzeev I.R. Otsenka potentsial'noi opasnosti ob"ektov predpriyatii toplivno-energeticheskogo kompleksa [Assessment of the Potential Hazard of Objects of Enterprises of the Fuel and Energy Complex]. *Nauchno-tehnicheskii zhurnal «Nadezhnost' ibezopasnost' energetiki» – Scientific and Technical Journal «Safety and Reliability of Power Industry»*, 2018, Vol. 11, No. 1, pp. 14-20. DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-1-14-20. [in Russian].

16. Filippov V.N., Scharafiev R.G., Galiakbarova E.V., Sultanova E.A., Efimenko E.L. Systems Clearing Constructions Enterprises of Oil Refining and Petrochemicals the Republic of Bashkortostan at the Present Stage of Planning of Protection Water Resources. *Oriental Journal of Chemistry*, 2015, Vol. 31, Special Issue 1, pp. 157-163. DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/31.Special-Issue 1.19>. [in Russian].

17. Godovoi otchet o deyatel'nosti Federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2017 godu [Annual Report on the Activities of the Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service in 2017]. Moscow, Nauchno-tehnicheskii centr issledovaniy problem promyshlennoi bezopasnosti, 2018, pp. 149-156. [in Russian].

## **Сведения об авторах**

### **About the authors**

Филиппова Альбина Гафуровна, старший преподаватель кафедры «Вычислительная техника и инженерная кибернетика» УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Albina G. Filippova, Senior Lecturer of Computer Science and Engineering Cybernetics Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: Albina\_22@list.ru

Самков Денис Борисович, магистрант кафедры «Вычислительная техника и инженерная кибернетика» УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Denis B. Samkov, Student of Computer Science and Engineering Cybernetics Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: dens9526@mail.ru