

УДК 614.84

ox.guzeeva@yandex.ru

**АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗРЫВООПАСНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ СОЕВЫХ БОБОВ****ANALYSIS OF ENERGY INDICATORS OF EXPLOSION HAZARD  
OF TECHNOLOGICAL UNITS OF OIL EXTRACTION DEPARTMENT  
OF SOY BEAN PROCESSING ENTERPRISE**

*Лопанов А. Н., доктор технических наук, профессор,  
Фанина Е. А., доктор технических наук, профессор,  
Томаровищенко О. Н., кандидат технических наук, доцент,  
Прушковский И. В., кандидат технических наук, доцент,  
Белгородский государственный технологический  
университет им. В. Г. Шухова, Белгород*

*Lopanov A., Fanina E., Tomarovshchenko O., Prushkovsky I.,  
Belgorod State Technological  
University named after V. G. Shukhova, Belgorod*

Многочисленность исследований в области обеспечения техносферной безопасности предприятий по переработке соевых бобов обусловлена взрыво- и пожароопасностью технологического процесса. Ежегодно на таких предприятиях происходят аварии, приводящие к травмированию людей и значительному экономическому ущербу. В статье выполнен анализ условий возникновения и развития аварий в производственных условиях технологического процесса по экстракции соевых семян, выявлено наличие критических состояний, способствующих возникновению горения, распространению пламени и развитию детонационных процессов. В работе установлены основные группы возможных сценариев развития потенциальных аварий с учетом физико-химических характеристик нефраса и условий его использования в технологических блоках экстракционного отделения. Проведено категорирование оцениваемых объектов. Представлены результаты оценки риска аварии с расчетными величинами энергетических показателей взрывоопасности маслоэкстракции. Установлено, что потенциально опасные аварии с максимально тяжелыми последствиями в условиях маслоэкстракционного предприятия случаются при разгерметизации/разрушении технологического оборудования, с сопутствующими процессами разлива и испарения нефраса, дальнейшим воспламенением/взрывом паровоздушной смеси и пожаром разлива растворителя. Предложены организационно-технические мероприятия, направленные на повышение противоаварийной устойчивости экстракционного отделения.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, взрывозащита, аварийные ситуации, маслоэкстракционное производство, переработка сои.

Numerous studies in the field of ensuring the technosphere safety of soybean processing enterprises are due to the explosion and fire hazard of the technological process. Every year, accidents occur at such enterprises, leading to injury to people and significant economic damage. The article analyzes the conditions for the occurrence and development of accidents in the production conditions of the technological process for the extraction of soybean seeds, reveals the presence of critical states that contribute to the occurrence of combustion, the spread of flame and the development of detonation processes. The paper identifies the main

groups of possible scenarios for the development of potential accidents, taking into account the physicochemical characteristics of oil and the conditions of its use in the technological blocks of the extraction department. The categorization of the evaluated objects has been carried out. The results of assessing the risk of an accident with the calculated values of the energy indicators of the explosiveness of oil extraction are presented. It has been established that potentially dangerous accidents with the most severe consequences in the conditions of an oil extraction plant occur during depressurization / destruction of technological equipment, with concomitant processes of oil spill and evaporation, further ignition / explosion of a vapor-air mixture and a fire of a solvent spill. Organizational and technical measures aimed at increasing the emergency resistance of the extraction department are proposed.

*Keywords:* fire safety, explosion protection, emergency situations, oil extraction production, soy-bean processing.

### Введение

Для обеспечения продовольственной безопасности страны необходима реализация принципа устойчивого развития агропромышленного комплекса. Аспекты указанной концепции подтверждены «Доктриной продовольственной безопасности РФ», утвержденной указом Президента РФ от 21.01.2020 № 20. Одной из приоритетных задач агропродовольственной политики является обеспечение безопасной технологии производства сельскохозяйственной продукции [1, 2].

Организация высокотехнологичного производства по переработке соевых бобов набирает удельный вес в сегменте рынка агропромышленного комплекса, что обуслов-

лено высоким уровнем урожайности, устойчивостью к почвенно-климатическим факторам, сбалансированным химическим составом семян сои с высоким содержанием белка. Согласно официальным данным Федеральной службы государственной статистики в бюллетенях о состоянии сельского хозяйства указанные размеры посевных площадей и урожайности соевых культур в РФ свидетельствуют о востребованности бобов сои на отечественном рынке, рис. 1 [3]. В период 2010–2020 гг. наблюдают интенсификацию производства соевой продукции – размеры посевных площадей данной культуры в РФ выросли на 58 %, урожайность – на 31 %.

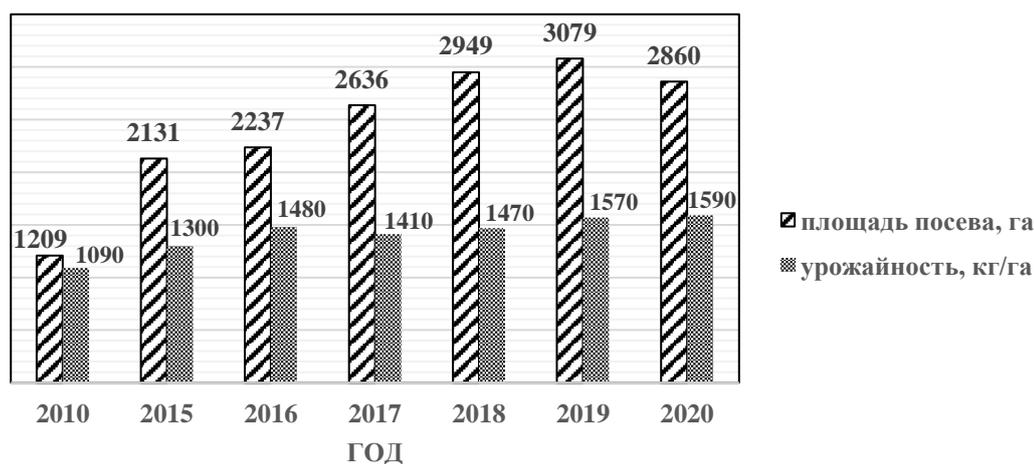


Рисунок 1. Размер посевных площадей и урожайность соевых культур в РФ

При этом лидерами Центрального федерального округа по выращиванию сои являются Белгородская и Курская область, табл. 1.

Таблица 1

Размеры посевных площадей, валового сбора и урожайности сои в хозяйствах всех категорий в ЦФО РФ, тыс. гектаров

Область	Посевные площади сои, тыс. га		Урожайность, ц с 1 га убранной площади		Валовой сбор (в весе после доработки), тыс. тонн	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
РФ	3078,6	2859,5	15,7	15,9	4360,0	4282,6
ЦФО	1117,4	1084,4	19,2	18,8	2130,4	2030,6
Белгородская область	268,1	263,4	21,1	21,3	563,8	560,7
Брянская область	23,7	13,3	14,6	18,8	34,4	24,8
Воронежская область	141,01	156,6	18,0	12,9	251,3	201,6
Калужская область	0,68	0,6	9,2	11,8	0,6	0,8
Курская область	282,6	264,3	20,8	20,8	587,6	545,8
Липецкая область	83,1	64,3	16,8	17,5	139,5	112,1
Московская область	0,3	2,1	12,5	18,3	0,4	3,8
Орловская область	119,2	103,3	16,7	18,6	195,5	188,7
Рязанская область	30,4	41,9	18,3	19,1	55,5	80,1
Тамбовская область	135,5	138,1	18,0	17,4	242,6	241,0
Тульская область	32,2	36,2	19,1	19,6	58,8	70,9

Продуктами обработки соевых плодов являются «белый лепесток», молоко, текстураты, мука, протеиновые концентраты, изолят, масло, шрот, жмых. Основные потребители продуктов переработки бобов сои – это пищевая, фармацевтическая, химическая, текстильная и комбикормовая промышленность. В зависимости от используемых технологических процессов переработки цельных соевых бобов выделяют влажные (получение молока, майонеза, пасты) и сухие способы (шрот, жмых) [4].

#### Постановка проблемы

Предприятия, осуществляющие переработку соевых бобов маслоэкстракционным способом, регистрируются в реестре опасных производственных объектов и относятся к категории «опасные производственные объекты хранения и переработки растительного сырья». Ежегодно на таких предприятиях происходят аварии, приводящие к травмам людей и значительному экономическому ущербу. Анализ происшествий за 2019–2020 гг. свидетельствует, что большая их часть вызвана эксплуатацией некачественного оборудования или проведением опасных видов работ. Так,

16 января 2018 г. в здании Бийского маслоэкстракционного завода в Алтайском крае в результате разгерметизации бака конденсата и наличия источника зажигания произошел взрыв. В результате взрыва пострадали три человека.

24 мая 2019 г. в организации «Аткарский маслоэкстракционный завод» (г. Аткарск, Саратовская обл.) при проведении работ по зачистке силоса элеватора произошло повреждение трубопровода с воспламенением газа – возник пожар.

28 декабря 2020 г. на Липецком маслоэкстракционном заводе «Либойл» произошел взрыв в результате нарушения технологического процесса. При воспламенении паров экстракта эфиров и масла, пострадали два человека.

23 июня 2020 г. на Невинномысском маслоэкстракционном заводе (г. Георгиевск, Ставропольский край) в здании прессового цеха произошло возгорание кровли, возник пожар общей площадью 500 кв. м.

Таким образом, проблема обеспечения промышленной безопасности на маслоэкстракционных предприятиях является актуальной. Основное технологическое оборудо-

дование – экстракционная линия, при эксплуатации которой необходимо учитывать комплексные показатели безопасности. Поэтому в работе в качестве объекта исследования принят цех маслоэкстракционного производства, в котором осуществляется получение соевого кормового шрота путем извлечения растительного масла из исходного сырья (соевый лепесток) при использовании органического растворителя.

Целью работы является выявление, комплексное исследование и анализ возможных сценариев возникновения аварии на предприятиях по переработке семян масличных культур с производительностью до 2000 т/сут. по исходному сырью (семена сои).

#### **Анализ исследований и публикаций**

Исследования в области обеспечения техносферной безопасности предприятий по переработке соевых бобов обусловлена взрыво- и пожароопасностью технологического процесса. Наиболее перспективной считается разработка устройств автоматического контроля массовых концентраций паровоздушной среды, практическое применение которых направлено на осуществление непрерывного мониторинга за уровнем содержания в воздухе токсичных веществ при возникновении аварийной ситуации. Патентные исследования подтверждают развитие рынка систем противопожарной защиты, ежегодно регистрируются многочисленные результаты научно-технических достижений: полезная модель № 195 824 (дата публ. 06.02.2020), патенты № 2 703 173 (дата публ. 15.10.2019) и № 2 666 324 (дата публ. 6.09.2018), полезная модель № 173 785 (дата публ. 11.09.2017).

#### **Результаты исследования**

Обслуживанием экстракционного отделения занимается аппаратчик-экстракторщик, который в рабочей смене подчиняется сменному мастеру. Сменный мастер подчиняется начальнику экстракционного отделения. Ремонтом оборудования занимается

персонал (наладчик оборудования, дежурный наладчик) под руководством мастера по ремонту оборудования или главного механика. При оценке взрывопожароопасности производства учитывали характеристики и данные о токсической опасности Нефрас ПР-163/75: концентрационные пределы взрываемости с воздухом (1,24–7,5 %); ПДК в воздухе рабочей зоны (300 мг/м<sup>3</sup>); класс опасности (4); реакционная способность (пары могут образовывать взрывоопасные смеси с окислителем); степень воздействия на людей – пары действуют наркотически; на коже появляются экземы, сухость. Эксплуатация маслоэкстракционного цеха в условиях применения нагретого нефраса выше температуры вспышки сопровождается факторами, обуславливающими высокие значения уровня риска возникновения аварийных ситуаций и скорости их развития. Возникают опасности при приеме нефраса из транспортных емкостей; опасности, возникающие при необходимом полном освобождении технологических оборудования и трубопроводов от нефраса; опасности, возникающие при эксплуатации компактно расположенных технических систем и устройств. Кроме того, быстрота развития аварийных ситуаций, обуславливается применением большего объема нефраса, а также близким расположением к взрывопожароопасному производству электропотребляющих устройств общепромышленного исполнения (складов шрота, маслопрессового участка, отделений рафинации и фасовки).

Оценку взрывобезопасности маслоэкстракционного производства проводили поэтапно, разделив взрывопожароопасные стадии технологического процесса [5, 6] на 24 блока, рис. 2. Отделение технологического блока производили исходя из возможности безопасного отключения/изолирования входящего в него оборудования от общей технологической системы, т. е. при отсутствии риска возникновения опасных изменений рабочего режима, сопровождающихся аварийными процессами в смежной аппаратуре или системе.

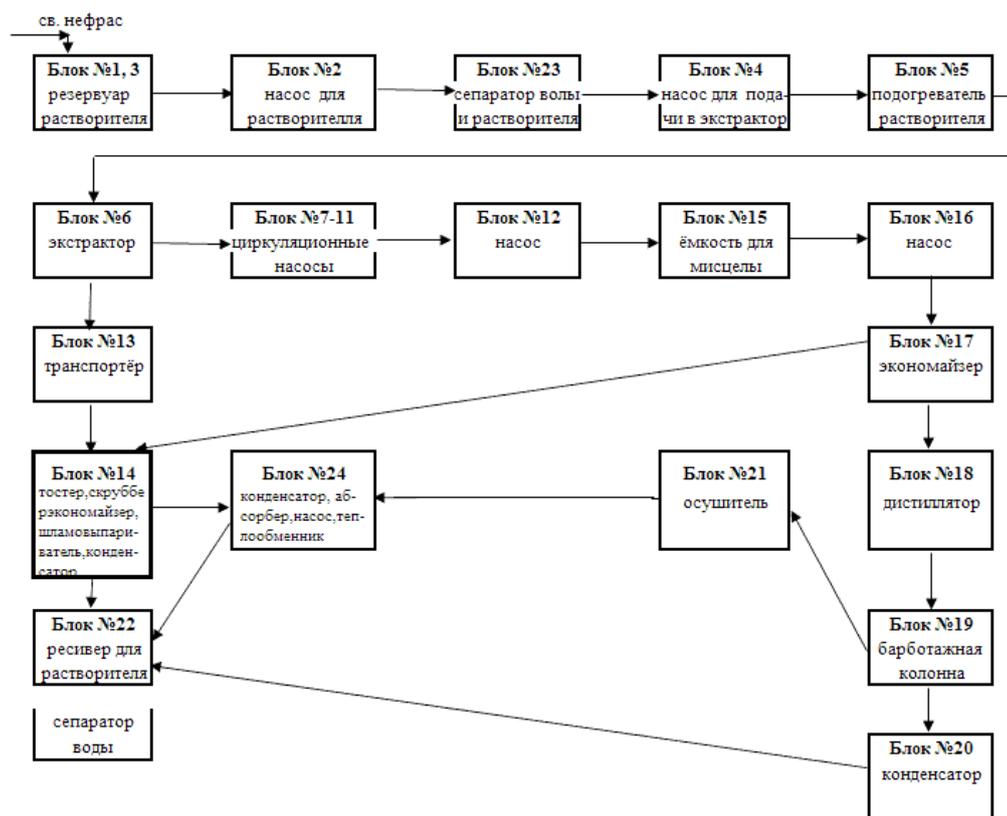


Рисунок 2. Блок-схема экстракционного отделения (аппаратурное оформление блоков)

По методике, изложенной в Приказе Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производстве», провели расчёты величин энергетических показателей взрывоопасности технологических блоков, в том числе:  $E$  (общего энергетического потенциала взрывоопасности блока, кДж),  $Q_v$  (относительного

энергетического потенциала),  $m$  (приведенной массы парогазовой среды, определенной по единой удельной теплоте сгорания  $4,6 \times 10^4$  кДж);  $\Delta P$  (избыточного давления взрыва, кПа) [7–9].

Результаты расчетов, взятые из технологического регламента на производства масла и шрота из семян сои на экстракционной установке DE SMET, внесены в табл. 2.

Таблица 2  
Энергетически показатели взрывоопасности технологических блоков производства масла и шрота из семян сои на экстракционной установке DE SMET

№	Наименование блока	$E$ , кДж	$Q_v$	$m$ , кг	$\Delta P$ , кПа
1	Резервуар для оборотного растворителя	$7,42 \times 10^6$	11,79	1613,0 4	–
2	Насос для перекачивания растворителя	$4,6 \times 10^5$	4,67	100	1,3
3	Резервуар для аварийного слива	$7,36 \times 10^6$	11,76	1600	–

4	Насос для перекачивания растворителя в экстрактор	$4,32 \times 10^5$	4,57	93,91	1,12
5	Подогреватель растворителя	$4,35 \times 10^5$	4,58	94,57	1,12
6	Экстрактор, трубопровод ПГФ	$9,184 \times 10^6$	12,67	1996,5	67,6
7-11	Циркуляционные насосы экстрактора для мисцеллы	$3,86 \times 10^5$	4,40	83,91	0,79
12	Насос для перекачки мисцеллы из экстрактора	$4,04 \times 10^5$	4,47	87,83	0,9
13	Транспортер для проэкстрагированного материала горизонтально-вертикальный	$3,28 \times 10^5$	4,17	71,3	0,48
14	Дисольватор – тостер, паровой скруббер, выпариватель, конденсатор, трубопроводы ПГФ	$5,58 \times 10^6$	10,73	1213	15,89
15	Емкость для мисцеллы	$6,22 \times 10^5$	5,16	134,78	3,29
16	Насос для питателя выпаривателя	$4,04 \times 10^5$	4,47	87,83	0,9
17	Экономайзер	$8,365 \times 10^6$	12,28	1818,5	21,20
18	Дистиллятор	$7,94 \times 10^5$	5,60	172,61	6,83
19	Барботажная колонна	$5,32 \times 10^5$	4,90	115,65	2,05
20	Конденсатор	$5,59 \times 10^5$	4,98	121,52	1,88
21	Осушитель	$5,23 \times 10^5$	4,87	113,7	2,05
22	Сепаратор воды и растворителя	$4,6 \times 10^5$	4,67	100	1,3
23	Ресивер для растворителя	$4,46 \times 10^5$	4,62	96,96	1,21
24	Конденсатор, поглотитель паров растворителя, насос для удаления масла из парового скруббера, теплообменник, нагреватель абсорбционного масла, барботажная колонна, емкость под масло, насос экстракционного масла	$9,86 \times 10^5$	6,02	214,34	13,08

Проведено категорирование оцениваемых объектов. Определили, что все технологические блоки относятся к III категории взрывоопасности, т. к. расчетные значения приведенной массы парогазовой среды менее 2000 кг, а относительный энергетический потенциал менее 27 кДж.

Самым опасным является блок № 6 «Экстрактор, трубопровод ПГФ». В случае аварии на указанном блоке возможны аварийные состояния на других, близко расположенных блоках.

Также определили расчетные радиусы зон, центром которых является блок № 6, необходимые для оценки степени разрушения конструкций здания, оборудования и трубопроводов: радиус полного разрушения  $R_1 = 20,40$  м, радиус сильного разрушения  $R_2 = 30,07$  м, радиус среднего разруше-

ния  $R_3 = 51,55$  м, радиус умеренного разрушения  $R_4 = 150,36$  м, радиус малого разрушения  $R_5 = 300,72$  м, радиус токсического поражения  $R_{м.п} = 6,2$  м.

#### **Анализ условий возникновения и развития аварий**

Для производственных условий технологического процесса по экстракции соевых семян характерно наличие критических состояний, способствующих возникновению горения, распространению пламени и развитию детонационных процессов [10, 11]. Потенциально опасные аварии с максимально тяжелыми последствиями будут происходить при разгерметизации/разрушении маслоэкстракционного отделения с сопутствующими процессами разлива и испарения нефраса, воспламенением/взрывом паровоздушной смеси и пожаром разлива рас-

творителя. Истечение нефраса в окружающую среду возможно при возникновении разрыва резервуара, пробоя или появлении отверстия на стенке емкости для хранения и транспортировки растворителя. При этом направление потока ЛВЖ может быть ориентировано под различными углами к горизонту. Под действием внешних факторов для жидкости возможен фазовый переход при вскипании с образованием двухфазного потока. Сконденсированная в мелкодисперсный аэрозоль жидкость мгновенно испаряется. С оставшейся частью аэрозоля из крупнодисперсных частиц происходит процесс осаждения на подстилающую поверхность и наблюдается переход жидкой фазы в паровую за счет подвода теплоты к границе раздела фаз из окружающей среды. Сформированное в дальнейшем газочапельное холодное облако, состоящее из паров и аэрозольных включений, рассеивается в атмосфере, дрейфуя по направлению ветра (в зависимости от метеорологических параметров) на высоте до 2 км, сохраняя при этом способность к воспламенению. Варианты развития сценариев аварии зависят от наличия источников воспламенения и времени задержки воспламенения: сгорание облака по типу «пожар–вспышка» без образования критических уровней избыточного давления; сгорание по типу «взрыв облака» с развитием избыточного давления в открытом пространстве; рассеивание облака без воспламенения и горения [4, 12].

#### **Анализ основных причин произошедших аварий**

Наиболее вероятными причинами и факторами, приводящими к возникновению и развитию аварий на маслоэкстракционном объекте, являются:

1) частичное или полное разрушение оборудования, обусловленное изнашиванием объектов технологического оснащения, ошибками или браком при изготовлении, монтаже, обслуживании и ремонте;

2) частичное или полное разрушение оборудования, обусловленное усталостными процессами;

3) механическое повреждение объектов технологического оснащения при ошибочном проведении строительно-монтажных работ;

4) локальное повреждение объектов технологического оснащения вследствие коррозионных и эрозийных процессов;

5) ошибочные действия персонала вследствие нарушения требований технологической карты по безопасному производству работ;

6) частичное или полное разрушение оборудования, обусловленное внешним воздействием природного и техногенного характера.

#### **Анализ условий возникновения и развития аварий**

С учетом физико-химических характеристик опасных веществ, участвующих в технологическом процессе, условий их использования в технологических блоках экстракционного отделения, установили основные группы возможных сценариев развития потенциальных аварий, рис. 3.



Рисунок 3. Схема построения сценариев развития аварийных ситуаций с указанием основных причин развития

С1. Разгерметизация или разрушение оборудования в помещении маслоэкстракционного отделения или его переполнение → загазованность парами растворителя помещений маслоэкстракционного отделения → превышение ПДК паров растворителя в помещении маслоэкстракционного отделения → попадание в зону превышения ПДК обслуживающего персонала → интоксикация людей в помещении маслоэкстракционного отделения.

С2. Разгерметизация или разрушение оборудования в маслоэкстракционном отделении или его переполнение → загазованность парами растворителя помещений маслоэкстракционного отделения → превышение ПДК паров растворителя в помещении маслоэкстракционного отделения → попадание в зону превышения ПДК обслуживающего персонала → интоксикация людей в помещении маслоэкстракционного отделения → образование взрывоопасного облака в помещении маслоэкстракционного отделения → взрыв → пожар.

С3. Разгерметизация или разрушение оборудования маслоэкстракционного отделения → загазованность парами растворителя рабочих зон маслоэкстракционного отделения, прилегающих к цеху территорий в пределах промышленной площадки предприятия → превышение ПДК паров растворителя в загазованной зоне → попадание в зону превышения ПДК обслуживающего персонала цеха, предприятия → интоксикация людей в пределах промышленной площадки предприятия → распространение токсичного облака и продуктов горения в пределах промышленной площадки предприятия.

С4. Разгерметизация или разрушение оборудования маслоэкстракционного отделения → загазованность парами растворителя территории предприятия и территорий, прилегающих к предприятию → превышение ПДК паров растворителя в загазованной зоне – попадание в зону превышения ПДК персонала предприятия и населения прилегающих к предприятию районов → интоксикация людей в пределах зоны превышения ПДК → образование взрывоопасного облака

→ взрыв → пожар → распространение токсичного облака и продуктов горения за пределы предприятия.

При этом для сценария С1, С2 – разгерметизация экстрактора (блок № 6), для сценария С3, С4 – разгерметизация автоцистерны  $V=25 \text{ м}^3$  при приеме сырья в емкости хранения растворителя (блок № 1).

Установлено, что событие «огненного шара» в помещении маслоэкстракционного отделения невозможно вследствие

наличия системы аварийного удаления растворителя из технологического оборудования в аварийная емкость (резервуар) для слива мисцеллы. На наружном участке приема, хранения растворителя и аварийных сливов установлено заглубленное в грунт емкостное оборудование, что исключает его нагрев в случае возникновения пожара.

Выделили основные типы оборудования повышенной опасности в технологических блоках экстракционного отделения, табл. 3.

Таблица 3

Типы оборудования повышенной опасности в технологических блоках экстракционного отделения

Тип оборудования	Источник опасности
Емкостное	значительные объемы опасных веществ
Насосное	избыточное давление, низкий уровень надежности отдельных элементов конструкции насоса, возможность утечки опасных веществ
Трубопроводы	перепад давлений и температур, значительные объемы опасных веществ, возможность утечки опасных веществ, низкий уровень надежности соединений и арматуры

При выполнении расчетов по определению вероятности возникновения аварии, связанной с выбросом нефраса (блок № 6)

использовали статистические данные по аварийности и надежности технологической системы экстракционного отделения, рис. 4.



Рисунок 4. Дерево событий анализа причин аварии в маслоэкстракционном отделении и вероятности ее проявления в блоке № 6

Таким образом, необходимо проведение защитных мероприятий по поддержанию приемлемого уровня риска на имеющемся уровне, что обеспечивается следующим:

– использование бетонного покрытия на производственных площадках и эффективной системы ливневой канализации для защиты окружающей среды от загрязненных и аварийных стоков;

– использование средств по обеспечению электробезопасности и защиты от статического электричества (применение ограждения производственной площадки, молниезащиты и заземления), использование эффективной защиты технологического оборудования, трубопроводов перед сливом нефраса;

– использование средств взрыво- и пожарозащиты зданий и сооружений (пожарных гидрантов, сигнализации, автоматических систем пожаротушения, датчиков сигнализаторов до взрывных концентраций паров нефраса);

– осуществление производственного контроля с целью идентификации и устранения дефектов технологического оборудования, трубопроводов и запорной арматуры;

– постоянный мониторинг за состоянием технологических сооружений;

– проведение обучения и проверки знаний в области охраны труда и защиты в ЧС;

– обеспечение штатной численности и профессиональной подготовки обслуживающего и ремонтного персонала, в трудовые обязанности которых входит выполнение первичных действий по локализации аварийной ситуации;

– осуществление безопасной компоновки технологических блоков и участков с учетом возможных зон разрушений;

– минимизация значений удельного расхода нефраса на единицу выпуска экстрагированного соевого масла.

#### Литература

1. Горбунов Е. В., Панова Л. В., Атаманов С. Г. Современные технические средства для обеспечения взрывозащиты технологического оборудования на взрывопожароопасных производственных объектах хранения и переработки растительного сырья // Воронежский научно-технический Вестник. 2015. Т. 4. № 3-3 (13). С. 89–99.
2. Кулиева Р. Г., Касьянов Г. И., Кубенко Е. Г. и др. Обоснование промышленной безопасности маслоэкстракционного завода по производству белкового соевого концентрата производительностью 510 т/сутки // Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения: мат. междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2020. С. 254–260.
3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
4. Вальдман В. А., Лобанов А. А., Огаркова Е. С. Повышение продовольственной безопасности маслоэкстракционного производства на стадии рекуперации паров растворителя // Продовольственная безопасность как важнейший фактор национальной безопасности страны и роль информационно-консультационных служб АПК в ее обеспечении: сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. 2002. С. 123–124.
5. Федоров А. В., Бармашев В. А., Марков В. Н. и др. Актуальные проблемы обеспечения безопасности технологических процессов и производств для предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. № 3 (24). С. 91–98.
6. Шашкова М. Н., Сергеева Г. А. Исследование пожарной безопасности на маслоэкстракционном предприятии // Аллея науки. 2018. Т. 2. № 10 (26). С. 304–307.
7. 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.
8. Луконин В. П. Управление безопасностью химико-технологических систем на базе метода активного контроля утечек: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук / Нижегородский государственный технический университет. Нижний Новгород, 2005.
9. Бритиков Д. А. Основные аспекты нормативного регулирования в сфере промышленной безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья // Хлебопродукты. 2014. № 7. С. 39–41.
10. Акинин Н. И., Бабайцев И. В., Гериш В. А. Совершенствование системы управления промышленной безопасностью взрывоопасных производственных объектов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2011. № 2 (16). С. 51–54.
11. Ahmad S., Zhu X., Wei X. et al. Influence of process parameters on hydrothermal modification of soybean residue: Insight into the nutrient, solid biofuel, and thermal properties of hydrochars // Journal of Environmental Management. 2021. Volume, P. 111981.
12. Радоуцкий В. Ю., Шапгала В. Г., Шульженко В. Н. и др. Нормирование рисков техногенных чрезвычайных ситуаций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2008. № 4. С. 65–68.

**References**

1. Gorbunov E. V., Panova L. V., Atamanov S. G. Modern technical means for ensuring explosion protection of technological equipment at explosion and fire hazardous industrial facilities for storage and processing of vegetable raw materials // *Voronezh Scientific and Technical Bulletin*. 2015. T. 4. No. 3-3 (13). P. 89–99.
2. Kulieva R. G., Kasyanov G. I., Kubenko E. G. et al. Justification of industrial safety of an oil extraction plant for the production of protein concentrate production 510 tons/day // *Biotechnological, environmental and economic aspects of creating safe food for specialized purposes. Materials of the international scientific and practical conference*. Krasnodar, 2020. P. 254–260.
3. Official website of the Federal State Statistics Service. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
4. Valdman V. A., Lobanov A. A., Ogarkova E. S. Increasing food security of oil extraction production at the stage of solvent vapor recovery // *Food security as the most important factor in the national security of the country and the role of information and consulting services of the agro-industrial complex in its section: collection of materials of the All-Russian scientific-practical conference*. 2002. P. 123–124.
5. Fedorov A. V., Barmashev V. A., Markov V. N. et al. Actual problems of safety of technological processes and production for the prevention of technogenic emergencies // *Bulletin of the Voronezh Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*. 2017. No. 3 (24). P. 91–98.
6. Shashkova M. N., Sergeeva G. A. Investigation of fire safety at an oil extraction plant // *Alley of Science*. 2018. Vol. 2. No. 10 (26). P. 304–307.
7. Gvozdev E. V., Matvienko Yu. G. Comprehensive risk assessment of life support enterprises with hazardous production facilities // *Labor safety in industry*. 2019. No. 10. P. 69–78.
8. Lukonin V. P. Safety management of chemical-technological systems based on the method of active control of leaks: dissertation abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences / *Nizhny Novgorod State Technical University*. Nizhny Novgorod, 2005.
9. Britikov D. A. Main aspects of normative regulation in the field of industry of explosive and fire hazardous production facilities for storage and processing of vegetable raw materials // *Khleboprodukty*. 2014. No. 7. P. 39–41.
10. Akinin N. I., Babaytsev I. V., Gerish V. A. Improvement of the industrial management system of explosive production facilities // *Vector of Togliatti State University*. 2011. No. 2 (16). P. 51–54.
11. Ahmad S., Zhu X., Wei X. et al. Influence of Process Parameters on Hydrothermal Modification of Soybean Residues: Understanding Nutrients, Solid Biofuels, and Thermal Properties of Hydrocarbonate // *Journal of Environmental Management*. 2021. Volume, R. 111981.
12. Radoutsky V. Yu., Shaptala V. G., Shulzhenko V. N. et al. Rationing of risks of technogenic emergencies // *Bulletin of the Belgorod State Technological University*. V. G. Shukhov. 2008. No. 4. P. 65–68.