

УДК 331.456 + 658.382.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗРЫВООПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ ТОВАРНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРИ ОБОСНОВАНИИ БЕЗОПАСНОСТИ

А.В. Хашковский

Приведены последовательность и результаты определения значений энергетических показателей взрывоопасности на примере товарно-сырьевой базы, в составе которой используется как стандартное так и нестандартное оборудование характерное для нефтебаз, и ведутся технологические процессы транспортировки, переработки и хранения нефтепродуктов. Даны практические рекомендации по обоснованию промышленной безопасности технологических блоков.

Ключевые слова: анализ риска аварий, обоснование безопасности, промышленная безопасность, технологические блоки, взрывоопасность, опасный производственный объект.

Широкое применение углеводородного топлива связано с соблюдением требований промышленной безопасности на предприятиях, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой и хранением нефти и газа. Такие предприятия, в соответствии с законодательством о промышленной безопасности в Российской Федерации относятся к опасным промышлен-

ным объектам (ОПО). В новой редакции закона о промышленной безопасности ОПО [4], принятого в целях повышения инвестиционной привлекательности отраслей российской промышленности, законодательно введен принципиально новый документ – обоснование безопасности ОПО. Такой документ должен содержать сведения о результатах оценки риска аварии на опасном производственном объекте (ОПО), проводимой в соответствии с [1, 3] и содержащей определение значений энергетических показателей взрывоопасности технологических блоков ОПО. Для этого требуется провести оценку энергетического уровня каждого технологического блока и определить расчетом категорию его взрывоопасности, а затем по расчетным значениям относительных энергетических потенциалов и приведенной массе парогазовой среды установить категории взрывоопасности технологических блоков [2]. В статье приведены результаты определения значений энергетических показателей взрывоопасности на примере товарно-сырьевой базы, в составе которой используется как стандартное оборудование характерное для нефтебаз, так и нестандартное (установка ЛФ17 УСН) и ведутся технологические процессы транспортировки, переработки и хранения нефтепродуктов.

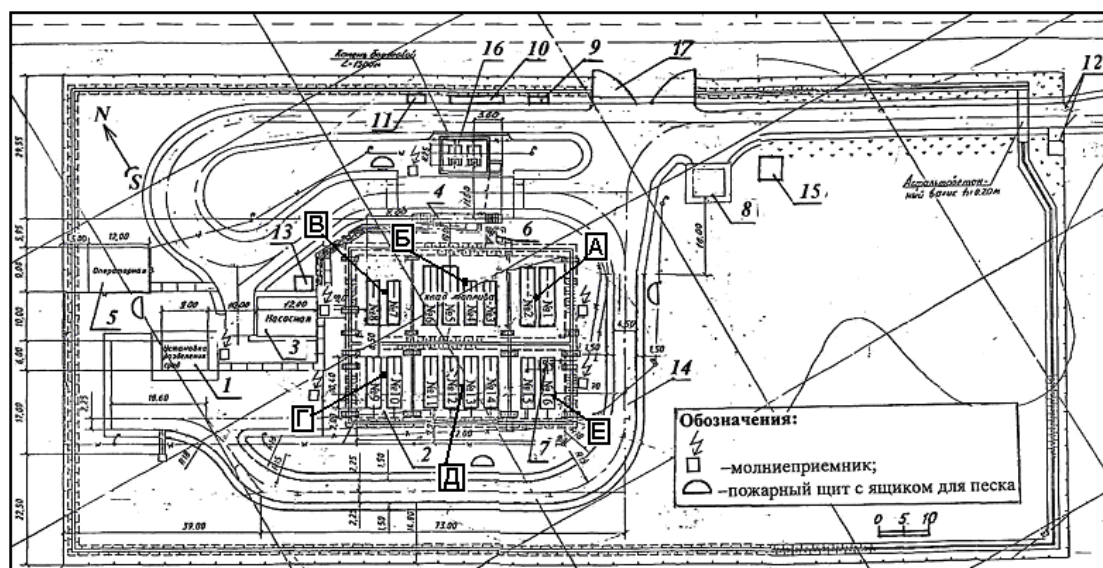


Рис. 1. План размещения помещений и технических объектов на территории нефтебазы: 1 – установка разделения сред ЛФ 17 УСН (блок № 17); 2 – склад топлива ёмкостью 1000 м³ (А,Б,В,Г,Д,Е – секции склада), (блоки №№ 1–16); 3 – насосная станция (блок № 20); 4 – наливная эстакада (блок № 18); 5 – операторная; 6 – подземный резервуар аварийного слива; 7 – подземный резервуар для сбора ливневых стоков; 8 – ящик для нефтеотходов; 9 – электроподстанция КТП-160; 10 – вагончик (помещение для начальника нефтебазы и охраны); 11 – склад; 12 – запасные ворота; 13 – электрощитовая; 14 – дороги; 15 – пожарный резервуар; 16 – сливное устройство (блок № 19); 17 – основные ворота

Назначение товарно-сырьевой базы (далее, нефтебазы) – прием нефти, газового конденсата стабильного, переработка нефти, газового конденсата стабильного с целью получения товарного нефтепродукта (бензин промышленного назначения, дизтопливо, печное топливо), применение мазута и печного топлива в качестве топлива, хранение сырьевых и товарных нефтепродуктов, а также оптовый отпуск товарных нефтепродуктов. Используемый вид транспортировки нефтепродуктов для приёма и при отпуске – автомобильный (автоцистерна) и технологические трубопроводы. На территории нефтебазы (размер в плане 100x200 м) расположены (рис. 1):

- установка разделения сред ЛФ17 УСН (1);
- склад топлива, емкостью 1000 м³ (2);
- насосная станция (3);
- наливная эстакада (4);
- операторная (5);
- подземный резервуар аварийного слива (6);
- подземный резервуар для сбора ливневых стоков (7);
- ящик для нефтеотходов(8);
- электроподстанция (9);
- вагончик (помещение для начальника нефтебазы и охраны) (10);
- склад (11);
- электрощитовая (13);
- дороги (14);
- пожарный резервуар (15);
- сливное устройство (16);
- основные ворота (17).

На складе топлива в шести секциях (А,Б,В,Г,Д,Е) размещены резервуары, для хранения нефтепродуктов (табл. 1).

В качестве технологических блоков нефтебазы выделены (рис. 1, 2):

№№ 1–16, это резервуары склада топлива (по числу резервуаров 16 технологических блоков);

№ 17 – установка разделения сред ЛФ17 УСН;

№ 18 – сливное устройство;

№ 19 – наливная эстакада;

№ 20 – насосная станция.

Энергетический потенциал взрывоопасности E блоков нефтебазы определяется в соответствии с [2]. При этом из шести составляющих энергетического потенциала четыре равны нулю или их вклад весьма мал.

Этими составляющими являются:

$E_1 = 0$, так как внутри блоков давление или атмосферное или незначительное (менее 0,02 МПа);

$E_2 = 0$, так как по технологическому регламенту любой блок связан трубопроводом только с блоком переработки сырья, или другим резервуа-

ром, работающим в стационарном режиме и содержащем незначительно количество нефтепродукта; кроме того, этот трубопровод автоматически перекрывается в случае аварийной ситуации;

$E_1'' = 0$, так как эта составляющая учитывается лишь для жидкостей с низкой (ниже температуры хранения) температурой кипения и хранящейся, по этому, при повышенных давлениях;

E_2'' условно принимаем равной нулю, так как испарение разлитой жидкости за счет тепла экзотермических реакций горения «первичной» парогазовой фазы (ПГФ) нами будет учтено при вычислении величины E_4'' ;

$E_3'' = 0$, так как в емкости, содержащей нефтепродукт, нет технологического теплоносителя.

Таблица 1

Распределение нефтепродуктов по резервуарам склада топлива

Секция склада	Номер резервуара	Ёмкость, м ³	Вид нефтепродукта
А	1	100	Газовый конденсат
	2	100	Газовый конденсат
Б	3	50	Бензиновые фракции
	4	50	Бензиновые фракции
	5	100	Печное топливо
	6	100	Печное топливо
В	7	50	Печное топливо
	8	50	Мазут
Г	9	60	Печное топливо
	10	60	Печное топливо
Д	11	60	Печное топливо
	12	60	Печное топливо
	13	60	Бензиновые фракции
	14	60	Бензиновые фракции
Е	15	60	Газовый конденсат
	16	60	Газовый конденсат

Таким образом, энергетический потенциал любого технологического блока нефтебазы следует оценивать по формуле:

$$E = E_4'', \text{ кДж.}$$

Энергия сгорания ПГФ, образующейся при испарении разлитой горючей жидкости (ЖФ) за счет теплопередачи от окружающей среды, определяется по формуле:

$$E_4'' = G_{\Sigma} q'.$$

Здесь $q' = 43100$ кДж/кг - удельная теплота сгорания паров нефтепродукта (принимается для бензина). Масса образующихся при испарении паров складывается из массы ПГФ G_4'' , образующейся в результате теплообмена с подложкой (пол, поддон, грунт и др.), и массы G_5'' , образующейся в результате нагревания пламенем $G_{\Sigma}'' = G_4'' + G_5''$.

Первое слагаемое $G_4'' = 2 \frac{T_o - T_k}{r} \frac{\varepsilon}{\sqrt{\pi}} F_{\Pi} \sqrt{\tau_{и}} \approx 0$. Это объясняется тем, что в условиях хранения нефтепродукта его температура (T_k) практически равна температуре подстилающей поверхности (T_o). Второе слагаемое:

$$G_5'' = m_{и} F_{ж} \tau_{и},$$

где $\tau_{и}$ - время испарения, с; $F_{ж}$ - площадь зеркала пролитой жидкости, м²; $m_{и}$ - скорость испарения, кг/(м²·с).

Скорость испарения, для нефтепродукта при температуре воздуха 40 °С и скорости ветра 1 м/с определяется по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \sqrt{M} \cdot P_{н},$$

где: η - коэффициент, принимаемый по табл.1 [2], в зависимости, от скорости воздушного потока и температуры воздуха; M - молекулярная масса кг·кмоль⁻¹ (для смесей принимается наибольшее значение молекулярной массы соответствующего компонента); $P_{н}$ - давление насыщенного пара при расчетной температуре, определяемое в данном случае по формуле:

$$P_{н} = 0,133 \cdot 10^{\left(\frac{A - B}{C_A + t_p} \right)}, \text{ кПа},$$

где: A , B , C_A - константы уравнения Антуана; t_p - температура воздуха.

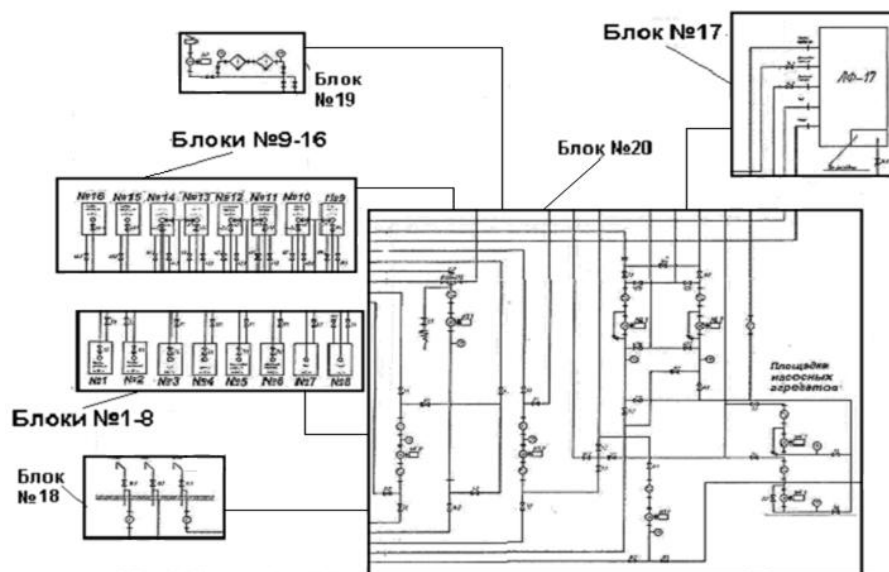


Рис. 2. Технологическая блок-схема нефтебазы

Соответственно получим (для бензина АИ-93, летнего):

$$P_H = 0,133 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{C_A + t_p}\right)} = 0,133 \cdot 10^{\left(5,0 - \frac{664,976}{221,7+40}\right)} = 0,133 \cdot 10^{2,46} = 38,36 \text{ кПа.}$$

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot 4 \cdot \sqrt{98,2} \cdot 38,36 = 1520,5 \cdot 10^{-6}, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}.$$

После вычисления E , для определения категории взрыво-пожаро-опасности блоков определим относительный энергетический потенциал по формуле:

$$Q_B = \frac{1}{16,534} \sqrt[3]{E},$$

и приведённую массу по формуле:

$$m = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4}.$$

Используя приведённые формулы и полагая, что для рассмотренных технологических блоков разлившийся нефтепродукт заполнит обвалованное пространство с площадью испарения F и будет испаряться в течение 3600 с, вычислим массу испарившегося нефтепродукта G_5'' для каждого блока, величину энергетического потенциала E и относительного энергетического потенциала Q_B , приведённую массу m , оценим категорию взрыво-пожароопасности блоков и определим радиус R_0 (табл. 2).

Таблица 2
Приведённая масса испарившегося нефтепродукта для каждого блока, величина энергетического потенциала и относительного энергетического потенциала

№ блока	Площадь испарения F , м ²	Масса G_5'' кг	Энергетический потенциал E , кДж	Относительный энергетический потенциал Q_B	Приведённая масса m , кг	Категория взрыво-пожароопасности блоков и радиус R_0 , м, [2]
1,2,7,8,9,10,15,16	204	1116,6	$4,81 \cdot 10^7$	21,97	1046	III; 0,894
3,4,5,6,11,12,13,14	336	1840	$7,168 \cdot 10^7$	25,1	1758	III; 1,165
17	130	711	$3,064 \cdot 10^7$	18,9	666,1	III; 0,66
18	150	821	$3,54 \cdot 10^7$	19,8	769	III; 0,73
19	150	821	$3,54 \cdot 10^7$	19,8	769	III; 0,73
20	120	657	$2,83 \cdot 10^7$	18,43	615	III; 0,627

Анализ данных таблицы 2 показывает, что категория пожаро-взрывоопасности любого из блоков нефтебазы не превышает третьей. Это означает, что при эксплуатации блоков нефтебазы должны быть выполнены требования «Общих правил...» [2], например:

– для технологических блоков II и III категории взрывоопасности – установка запорных и (или) отсекающих устройств с дистанционным управлением и временем срабатывания не более 120 секунд, при этом должны быть обеспечены условия безопасного отсечения потоков и исключены гидравлические удары;

– для технологических блоков всех категорий взрывоопасности и (или) отдельных аппаратов, в которых обращаются взрывопожароопасные продукты, предусматриваются системы аварийного освобождения, которые комплектуются запорными быстродействующими устройствами;

– системы аварийного освобождения технологических блоков I и II категорий взрывоопасности обеспечиваются запорными устройствами с автоматически управляемыми приводами, для III категории блоков разрешено применение средств с ручным приводом, размещаемым в безопасном месте, и минимальным регламентированным временем срабатывания.

Библиографический список

1. Положение о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 26 августа 2013 г. № 730.

2. Приказ Ростехнадзора от 11.03.2013 № 96 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (Зарегистрировано в Минюсте России 16.04.2013 № 28138).

3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта». Утверждены приказом Ростехнадзора от 15.07.2013 № 306.

4. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями на 4 марта 2013 года), (редакция, действующая с 1 июля 2013 года).

[К содержанию](#)