

3. Кузьминский, Ю.Г. Гидравлическое взаимодействие систем защит магистрального нефтепровода в переходных процессах / Ю.Г. Кузьминский, В.И. Вьюн // Безопасность и надежность трубопроводного транспорта: сб. науч. тр. – Новополоцк. – 2003. – № 3. – С. 56 – 67.
4. Вьюн, В.И. Идентификация эквивалентных диаметров магистральных трубопроводов / В.И. Вьюн, Ю.Г. Кузьминский // Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 3. – С. 87 – 89.

УДК.628.16:665.6

## ТЕХНОЛОГИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ВОДОТОКАХ ВО ВРЕМЯ ЛЕДОХОДА

В.Е. Савенок<sup>1</sup>, В.Р. Измайлович<sup>1</sup>, Д.В. Габелев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк, Беларусь,

<sup>2</sup>УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»

*Разработана технология локализации нефтяных загрязнений на водотоках во время ледохода, которой предусмотрено изменение направления движения льдин, для чего на водотоке устанавливается клиновидная рама. На малых реках прибитые к берегу льдины задерживаются поворотной секцией, затем затягиваются на берег, где происходит их механическое измельчение, а осколки битого льда и снежной массы, загрязненные нефтью направляются в заранее подготовленный отстойник, где после обработки их паром, происходит отстаивание воды с отделением нефти и последующей откачкой нефти нефтесборным устройством. Нефть улавливается боновым заграждением, расположенным ниже по течению от рамы, с последующим ее сбором нефтесборным устройством.*

**Введение.** Загрязнение нефтью и нефтепродуктами объектов окружающей среды ухудшает экологическую обстановку в регионе. Нефтяное загрязнение водотоков особенно опасно, так как возможен его трансграничный перенос, который приводит к увеличению масштабов экологической чрезвычайной ситуации, и как следствие, к значительному росту затрат на ликвидацию последствий этого загрязнения.

Существуют различные технологии ликвидации аварийных разливов нефти в зимних условиях на водотоках, покрытых льдом, и в летних условиях при отсутствии ледяного покрова на них. Однако реализация этих технологий в весенний (осенний) период во время ледохода крайне затруднена, и применение их малоэффективно.

При ликвидации аварийных разливов нефти на водных объектах во время ледохода основными факторами, от которых зависит эффективность технологического процесса ликвидации нефтеразливов, являются:

- скорость течения водотока;
- ширина водотока;
- уровень воды;
- толщина льдин;
- удельное покрытие плавающим льдом поверхности водотока (общая площадь льдин на единицу поверхности водотока).

В связи с тем, что во время половодья резко повышается уровень воды и возрастает скорость течения водотока, необходимо заранее провести подготовительные (превентивные) мероприятия на специально оборудованной площадке. Данные мероприятия можно выполнять до начала ледохода, при наличии сплошного ледяного покрова, когда толщина ледяного покрова превышает 100 мм (определяется из условия безопасного ведения работ на льду [1]). Одним из наиболее важных мероприятий являются мероприятия по обеспечению безопасного ведения работ персоналом, участвующим в ликвидации последствий аварий. Поэтому при работе на ледяном покрове весь персонал необходимо снабдить спасательными жилетами. Между двумя берегами закрепить страховочный трос на высоте 1 метр. Обслуживающий персонал площадки, выходя на лед, обязан карабинами закрепиться за страховочный трос.

**Основная часть.** Нами разработана технология локализации нефтяных загрязнений на водотоках во время ледохода. Данной технологией предусмотрено изменение направления движения льдин, для чего на водотоке устанавливается клиновидная рама. Клиновидная рама не должна препятствовать движению нефти по поверхности воды (рис. 1).

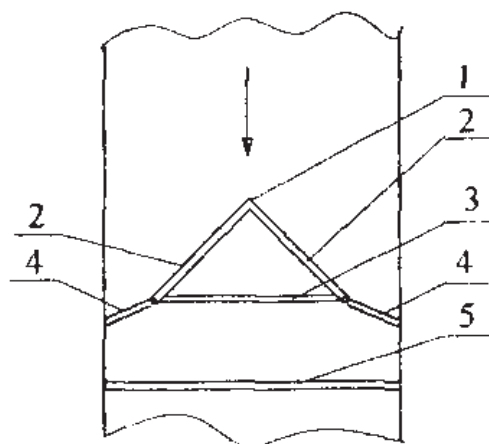


Рис. 1. Схема установки клиновидной рамы на водотоке:

- 1 – клиновидная рама; 2 – боковая балка;
- 3 – продольная балка; 4 – поворотная секция; 5 – боновое заграждение

Клиновидная рама состоит из трех полых балок (двух боковых и одной продольной), которые обеспечивают ее плавучесть. Фиксацию рамы в заданном месте водотока обеспечивают якоря. Боковые полые балки жестко соединяются между собой под углом, образуя клин навстречу течению водотока, а их задние концы соединены между собой продольной полый балкой. Снизу к балкам крепится стальной перфорированный лист, опущенный в воду. Диаметр отверстий листа должен быть достаточным для того, чтобы обеспечивать свободное течение нефти через них. К обоим стыкам, образованным соединением двух боковых и продольной балки, шарнирно крепятся две поворотные секции. Секция снабжена верхним надводным фартуком и нижним перфорированным подводным фартуком. Второй конец поворотной секции крепится под углом к берегу. Оба конца секции снабжены дополнительными якорями. Размер каждой секции должен быть в пределах 0,1 ширины реки. При большой ширине реки секция изготавливается составной. Ниже по течению от рамы устанавливается многосекционное боновое заграждение любой известной конструкции под углом к водотоку.

Установка боновых заграждений перпендикулярно к течению может осуществляться при скорости течения до 0,3 м/с. При скорости течения больше, чем 0,3 м/с, боновые заграждения устанавливаются под углом.

Угол установки рассчитывается по формуле [2]:

$$\arcsin \alpha = \frac{\vec{v}_{\text{доп}}}{\vec{v}_m} = \frac{0,3}{\vec{v}_m}, \quad (1)$$

где  $\vec{v}_{\text{доп}}$  — допустимая (критическая) скорость потока, направленная перпендикулярно бону, принимается 0,3 м/с;  $\vec{v}_m$  — скорость течения реки, м/с.

Предполагается, что льдины, скользя по раме, прижимаются к берегу и задерживаются поворотной секцией клиновидной рамы.

Далее технологией предусмотрено два варианта действий в зависимости от ширины водотока и скорости его течения. Для малых рек, с небольшой скоростью течения, предлагается первый вариант. Согласно первому варианту, прибитые к берегу льдины задерживаются поворотной секцией, затем затачиваются на берег, где происходит их механическое измельчение, а осколки битого льда и снежной массы, загрязненные нефтью направляются в заранее подготовленный отстойник, где после обработки их паром происходит отстаивание воды с отделением нефти и последующей откачкой нефти нефтесборным устройством. Нефть, прошедшая сквозь перфорированные листы, закрепленные на боковых стойках рамы и нижнего перфорированного фартука поворотной секции, улавливается боно-

вым заграждением, расположенным ниже по течению от рамы, с последующим ее сбором нефтесборным устройством.

Для больших рек (широких водотоков), характеризующихся значительными скоростями течения, или значительным удельным покрытием поверхности водотока плавающего льда и его толщиной предлагается второй вариант. Так как большая скорость подхода льдин к клиновидной раме и их масса не позволяет оперативно вытаскивать их на берег, поэтому речь идет лишь об удержании льда на определенный период времени с периодическим пропуском его вниз по течению водотока, путем открытия поворотной секции рамы и дополнительного ряда бонового заграждения. В этом случае нефть, проходящая через перфорированные листы рамы и перфорированный фартук поворотной секции, локализуется боновым заграждением с последующим ее улавливанием и откачкой нефтесборными устройствами. Однако это возможно только на период закрытия поворотной секции рамы.

С практической точки зрения весьма важным является определить удерживающую способность поворотной секции. Для этого нами определялась масса льда, удерживаемого двумя поворотными секциями, снабженными каждая двумя якорями. Для удержания клиновидной рамы и двух ее поворотных секций предполагается использовать якоря Хрола или судовые якоря. По справочной литературе определен коэффициент держащей силы якорей [3, 4]:

- судовой –  $\kappa = (6 \dots 8)G_{я}$ ;

- Хрола –  $\kappa = (3 \dots 4)G_{я}$ .

Здесь  $G_{я}$  – масса якоря, кг.

Общая нагрузка, действующая на поворотную секцию, определяется по формуле:

$$P = qb, \quad (2)$$

где  $q = q_{теч} + q_{вет} + q_{льда}$  – суммарная удельная нагрузка, действующая на единицу длины секции, Н/м;  $b$  – длина поворотной секции, м;  $q_{теч}$  – удельная нагрузка на секцию, обусловленная течением воды, Н/м;  $q_{вет}$  – удельная нагрузка на секцию, обусловленная ветром, Н/м;  $q_{льда}$  – удельная нагрузка на секцию, обусловленная массой удерживаемого льда, Н/м;

Для определения  $q_{теч}$  и  $q_{вет}$  может быть использована формула [5]:

$$q = Ch\rho \frac{v^2}{2} \cdot \sin\alpha, \quad (3)$$

где  $C$  – коэффициент лобового сопротивления (принимается  $C_{воды} = 2,66$  [6];  $C_{возд} = 1,3$  [7]);  $h$  – высота секции ( $h_1$  – надводной части, м;  $h_2$  – подводной части, м);  $\rho$  – плотность среды ( $\rho_{воды} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_{возд} = 1,21 \text{ кг/м}^3$ );  $\alpha$  – угол установки секции (расчет по формуле (1)).

Используя формулы (1)...(3), были проведены расчеты удельных и общих нагрузок, действующих на секцию, обусловленных течением водотока и ветром. По результатам расчетов были построены зависимости удельной нагрузки, обусловленной течением водотока, от высоты подводной части секции, для различных скоростей течения (рис. 2). Построены также зависимости удельной нагрузки, обусловленной ветром, от высоты надводной части секции для различных скоростей ветра (рис. 3).

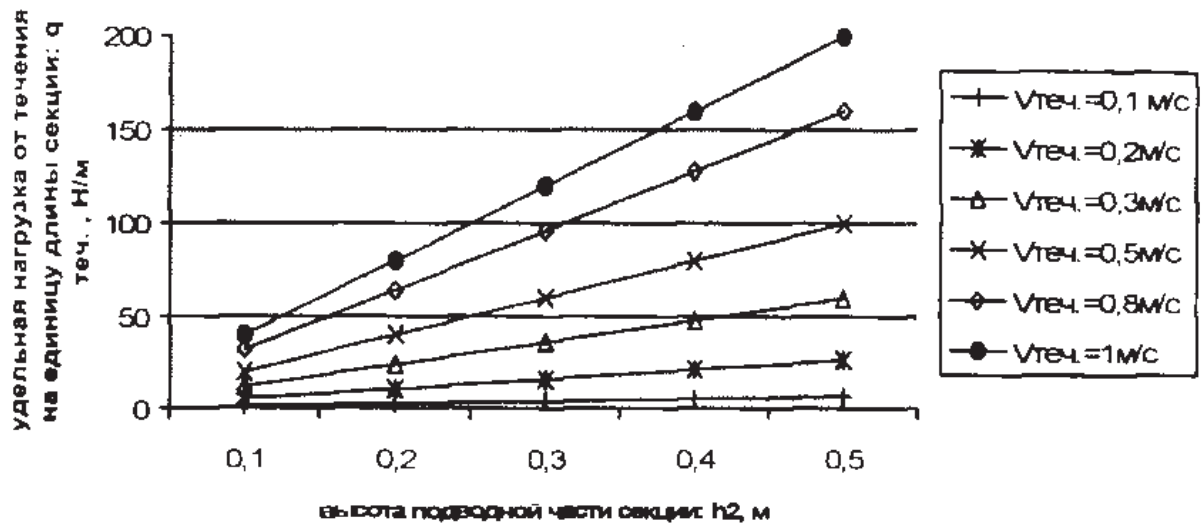


Рис. 2. Удельная нагрузка на секцию, обусловленная течением

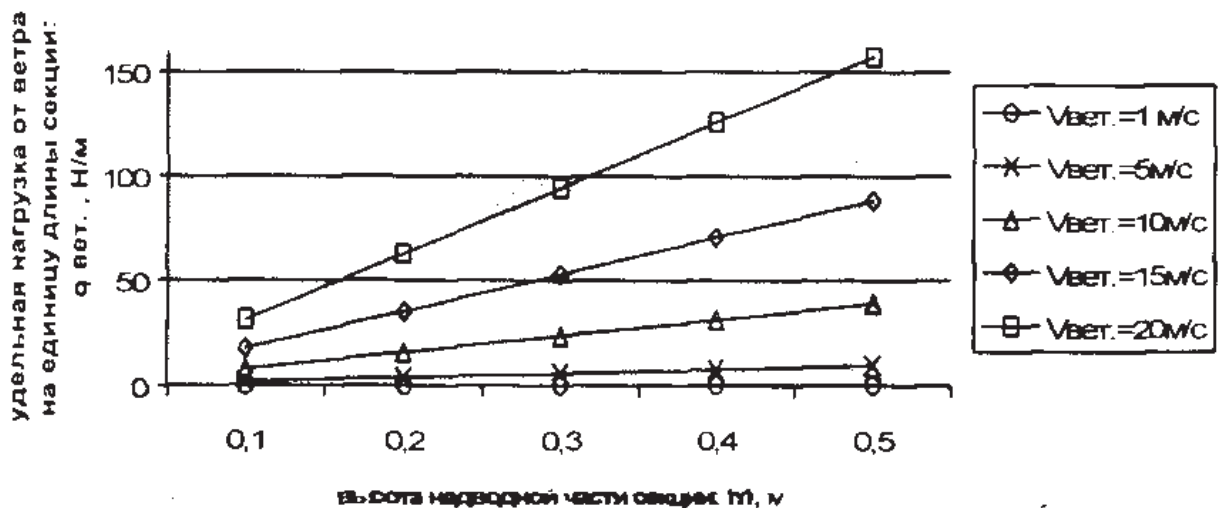


Рис. 3. Удельная ветровая нагрузка на секцию

Нагрузка ото льда на секцию определяется с учетом формулы (2):

$$P_{\text{льда}} = P - (q_{\text{теч}} + q_{\text{вет}})h, \text{ Н.} \quad (4)$$

Проведенные расчеты позволяют определить максимальную массу льда, удерживаемую поворотной секцией:

$$M_{\text{льда}} = \frac{P_{\text{льда}} \cdot k}{g}, \quad (5)$$

где  $k$  – эмпирический коэффициент, определяющий долю нагрузки льда на секцию ( $k < 0,3$ ).

В качестве примера нами рассмотрен случай, когда поворотная секция длиной 1 м удерживается двумя стандартными якорями общей массой 1000 кг ( $500 \times 2$ ). Результаты расчетов для различных скоростей течения и ветра и двух типов якорей представлены в таблице.

Максимальные нагрузки льда ( $P_{\text{льда}}$ , Н) на секцию ( $b = 1$  м)

Показатели	$v_{\text{вет}} = 1$ м/с						
	$v_{\text{теч}}$ , м/с	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1
Якорь судовой		72100	72088	72068	72044	72008	71984
Якорь Хрола		41198	41186	41166	41142	41106	41082
	$v_{\text{вет}} = 5$ м/с						
	$v_{\text{теч}}$ , м/с	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1
Якорь судовой		72092	72080	72060	72036	72000	71976
Якорь Хрола		41190	41178	41158	41134	41098	41074
	$v_{\text{вет}} = 10$ м/с						
	$v_{\text{теч}}$ , м/с	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1
Якорь судовой		72069	72057	72037	72013	71977	71953
Якорь Хрола		41167	41155	41135	41111	41075	41051

При известной скорости течения водотока и величины его удельного покрытия льдом, в каждом конкретном случае определяется время, за которое возле поворотной секции рамы скапливается масса льда, оказывающая предельную нагрузку на секцию. Данные расчеты необходимо проводить для эффективной реализации, предложенной технологии.

Предложенная технология локализации нефтяных загрязнений позволяет успешно бороться с нефтяными загрязнениями на малых реках во время ледохода, не допуская их дальнейшего распространения. На больших реках, при больших скоростях течения водотока, реализация данной технологии позволит значительно снизить экологический ущерб.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Годес, Э.Г. Справочник по строительству в водной среде в суровых климатических условиях / Э.Г. Годес, Р.М. Нарбут. – Л.: Стройиздат, 1984. – 384 с.

2. Парокле, Ж. Сбор нефти с поверхности водоемов / Ж. Парокле // Трубопроводный транспорт нефти. – 1995. – № 2. – С. 34 – 36.
3. Судовые устройства: справочник для конструкторов и проектировщиков / А.Н. Гурович [и др.]. – Л.: Судостроение, 1967. – 412 с.
4. Верба, А.Я. Руководство по эксплуатации моторных судов на водных путях России: справочник / А.Я. Верба. – М.: Междунар. яхтенный центр фирмы «ВЕРБА», 2000. – 138 с.
5. Гидравлика и аэродинамика: учеб. для вузов / А.Д. Альтшуль [и др.]. – М.: Стройиздат, 1987. – 323 с.
6. Безопасность пересечений трубопроводами водных преград / К.А. Забела [и др.]; под общ. ред. К.А. Забелы. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2001. – 195 с.
7. Савенок, В.Е. Методические указания к решению практических задач по курсу «Защита населения и хозяйственных объектов в ЧС» / В.Е. Савенок. – Новополюк: ПГУ, 2003. – 69 с.

**УДК 504. 054**

## **ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ИЗ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**А.М. Болдырев, В.С. Быховская, Г.К. Ивахнюк,  
А.С. Князев, И.С. Рахимова**

*ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет)», Санкт-Петербург, Россия*

*Исследуются материалы из базальтового волокна – картон и ткань – как поглотителей аварийных разливов нефтепродуктов. Представлены результаты исследований впитывающих свойств этих материалов при впитывании на твердой поверхности, затем на поверхности воды. Впитывающие способности базальтовых материалов сопоставляются с впитывающими способностями широко применяемых поглотителей на основе графита, поропласта, вермикулита, пенополистирола. Кроме того, представлены результаты исследования способности изделия из базальтовых материалов ликвидировать возгорания, нередко следующие за разливом нефтепродуктов. В данном аспекте изделие из базальтовых материалов сопоставляется с кремнеземной кошмой, а также с асбестовым одеялом.*

При аварийных разливах нефтепродуктов на магистральном трубопроводном транспорте важно с наименьшими потерями и энергозатратами осуществить их ликвидацию.