

УДК 502.51(26):504.5:532.5

**МОНИТОРИНГ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ****Филина Н.А., Мазуркин П.М.***Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, e-mail: kaf\_po@mail.ru*

Проведены эксперименты по изучению растекания нефтяных пленок в зависимости от времени растекания и высоты падения нефтепродуктов на водную поверхность. Разработаны математические модели процесса растекания нефти по водной поверхности в программной среде Curve Expert 1.3.

**Ключевые слова:** растекание нефти по водной поверхности, результаты моделирования

**MONITORING OF EMERGENCY FLOODS OF OIL****Filina N.A., Mazurkin P.M.***Mari state technical university, Yoshcar-Ola, e-mail: kaf\_po@mail.ru*

Experiments on studying surface plume oil films depending on time spreading and heights of falling of mineral oil on a water table are made. There were developed the mathematical models of the process studying surface oil on a water table in the software environment Curve Expert 1.3 environment are developed.

**Keywords:** Surface plume oil on a water table, the results of modeling

Разливы нефти и нефтепродуктов на всех этапах добычи, переработки, хранения и транспортировки представляют значительную угрозу окружающей природной среде. Наличие такой угрозы, чреватой не только локальными и региональными экологическими катастрофами, но и огромными экономическими потерями и человеческими жертвами, требует, в первую очередь, организации действенного постоянного мониторинга за состоянием как обеспечивающих технических систем на всех этапах добычи, переработки, хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов, так и различных характеристик природной среды.

Вылившаяся в результате аварии нефть быстро растекается по водной поверхности, образуя поля нефтяных пленок:

– на тихой воде, при отсутствии ветра и течения, нефть растекается во все стороны одинаково, образуя круг, радиус которого изменяется во времени;

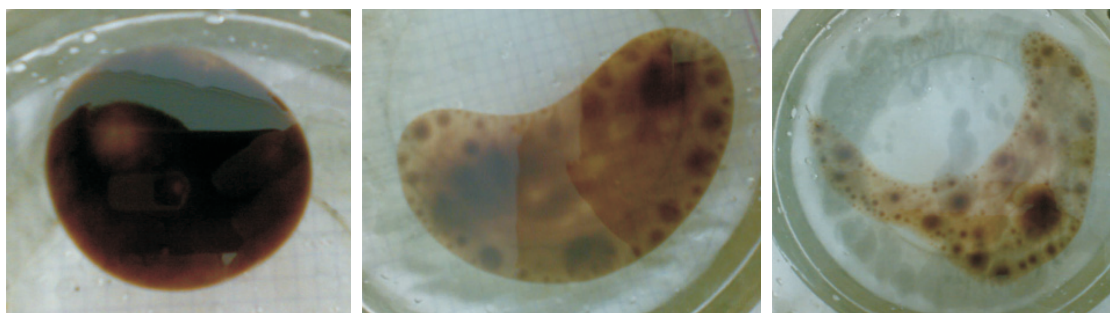
– при наличии ветра и течения нефтяное пятно приобретает вытянутую форму по направлению суммарного вектора скоростей ветра и течения.

Разлившаяся на поверхности воды нефть перемещается в том же направлении и с той же скоростью, что и поверхностный слой воды. Главными факторами, определяющими перемещение нефтяного пятна, являются течение и ветер.

Были проведены эксперименты по изучению растекания нефтяных пленок по поверхности воды, нефть на поверхность воды капали из пипетки:

– эксперименты проводились в лотке, т.е. была имитация стоячей, тихой воды, при отсутствии ветра и течения, нефть растекается во все стороны одинаково, образуя круг, радиус которого изменяется во времени (рис. 1а);

– при течении, наличии ветра нефтяное пятно приобретает вытянутую форму по направлению суммарного вектора скоростей ветра и течения (рис. 1б).



а

б

*Рис. 1. Формы нефтяных пленок на поверхности воды*

Перемещение нефтяного пятна в пространстве происходит за счет действия поверхностных течений и ветра. Направление дрейфа пятна определяется путем сложения

векторов направления поверхностного течения и ветра (рис. 2). Скорость дрейфа складывается из 97–95% скорости поверхностного течения и 3–5% скорости ветра.

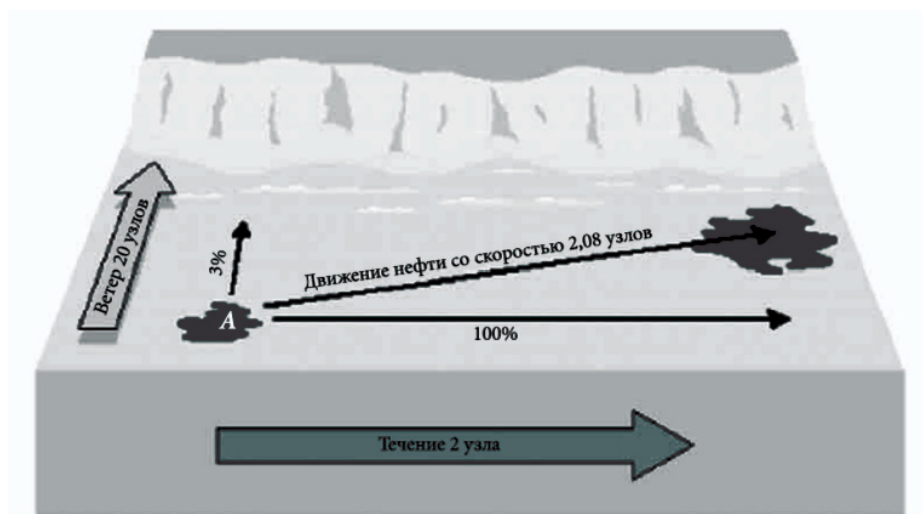


Рис. 2. Направление движения нефтяного пятна в реке

Рассеивание нефтяной пленки происходит за счет эмульгирования. При волнении 5 баллов уже через 12 часов эмульгирует около 15% нефти. Большая часть распределенной в воде нефти находится в виде эмульсии типа «нефть в воде» (прямая эмульсия). При разливах нефти образуется также эмульсия типа «вода в нефти» (обратная эмульсия). Образование прямой эмульсии может привести к исчезновению с поверхности воды нефти. Однако при изменении условий нефтяное пятно может восстановиться. Обратная эмульсия отличается высокой стойкостью. Она характерна для смеси воды с вязкой нефтью и содержит от 50 до 80% свободной воды. Внешне она выглядит как чистая нефть. Иногда ее называют «шоколадный мусс».

Было исследовано поведение нефти различных фракций на поверхности воды в зависимости от высоты падения и количества разлившихся нефтепродуктов. Для данных исследований были использованы нефтепродукты для получения прямогонного бензина и дизельного топлива. Образцы нефтепродуктов были взяты на ООО «Марийском нефтеперегонном заводе». Результаты опытов представлены в табл. 1, 2, 3.

Комплексное изображение можно представить в трехмерном пространстве (рис. 3).

Таблица 1

Зависимость количества нефти для производства ДТ от времени растекания

Количество капель на высоте 10 см	Время, с			
	10	60	180	300
	Площадь пятна, см <sup>2</sup>			
1	21	18	65	85
	38,5	42,75	77	104,5
	45,5	60	115	104,5
2	24,3		100	110,25
	20,8	25	100	
	50	70,2	76,5	
3	85	120	168,75	175,5
	104,5	120	168,75	175,5
	100	90	149,5	182
5	14	45	105	12,5
	132	155,25	172,5	172,5
	68	89,25	89,24	89,24
8	68	95	99	109,25
	90,25	115,5	115	115
10	59,5	92	103,5	115
	85,5	120	126	132

Данные измерений подвергали статистической обработке в программной среде Curve Expert 1.3. Доверительные интервалы и критерии Фишера:  $S$  – сумма квадратов отклонений;  $r$  – коэффициент корреляции [1].

dt.txt, X, Y, Z

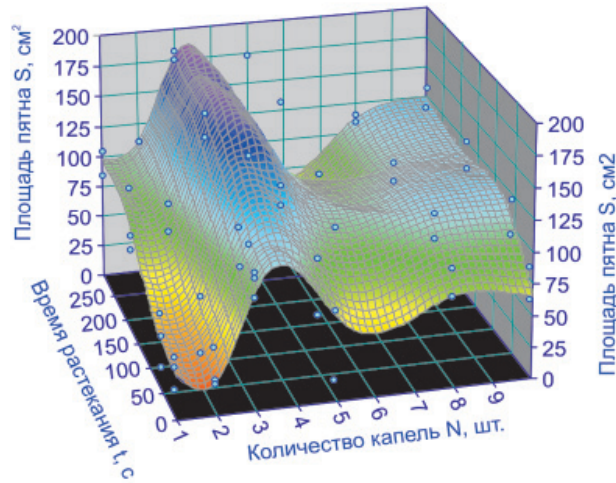
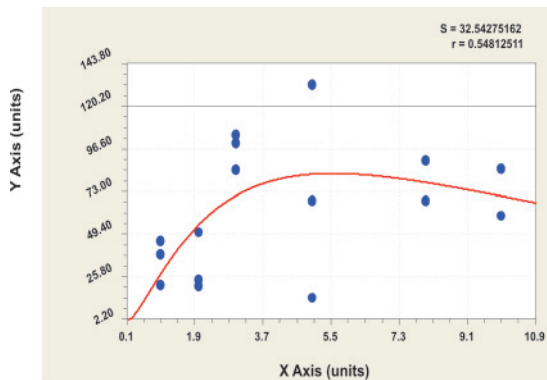


Рис. 3. Зависимость количества капель нефти для производства ДТ попадания на водную поверхность от времени растекания и площади капельки нефтяного пятна

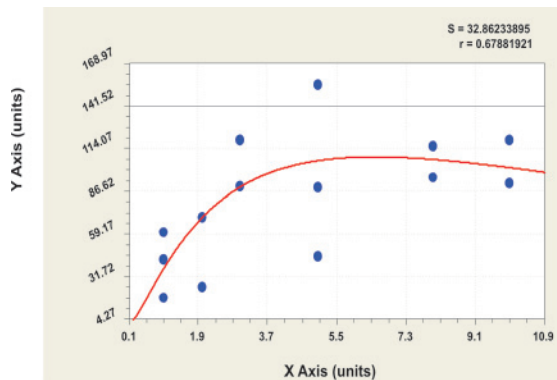
Зависимость количества капель попадания на водную поверхность за единицу

времени от площади капельки нефтяного пятна:

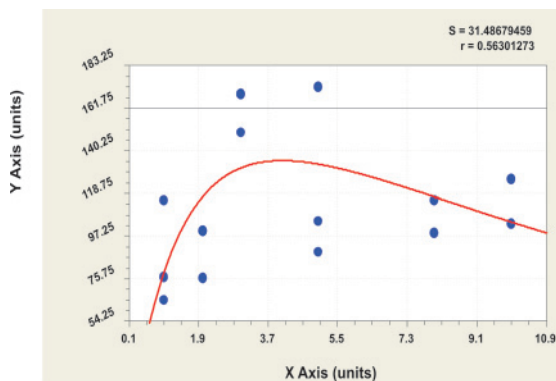
Время растекания 10 с:



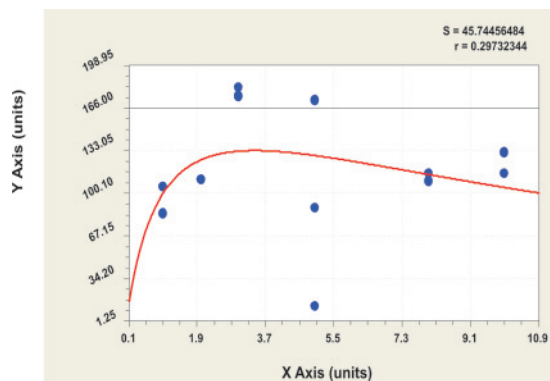
Время растекания 60 с:



Время растекания 180 с:



Время растекания 300 с:



Нами были смоделированы математические модели процесса растекания нефти для получения ДТ по водной поверхности, т.е. зависимость количества капель попадания

на водную поверхность за единицу времени от площади капельки нефтяного пятна с использованием биотехнического закона проф. П.М. Мазуркина [2]:

Для 10 с:

$$S = 6910,9312N^{2,87769} \exp(-5,52049N^{0,30776}).$$

Для 60 с.

$$S = 1,36 \cdot 10^8 N^{3,7979} \exp(-15,10877N^{0,17971}).$$

Для 180 с.

$$S = 2322566,4N^{10,282031} \exp(-10,282031N^{0,20816}).$$

Для 300 с.

$$S = 1,58 \cdot 10^8 N^{2,6125} \exp(-14,26924N^{0,15193}).$$

Комплексное изображение нефти различных фракций можно представить в трехмерном пространстве (рис. 4).

Данные измерений подвергали статистической обработке в программной среде Curve Expert 1.3. Доверительные интервалы и критерии Фишера:  $S$  – сумма квадратов отклонений;  $r$  – коэффициент корреляции [1].

Таблица 2

Зависимость высоты падения капель нефти для производства бензина от времени растекания

Количество капель на высоте 10 см	Время, с			
	10	60	180	300
	Размер пятна			
1	52,5 36	63,75 38,5	68	68
2	6,25 17,1 12,95	25 27,3 46,9	16,5 49,5 55,5	17,5 43,89 36,8
3	27 2,56 3,61	32,9 4,84 3,61	51,6 8,4 9	82 16,8 14,44
5	19,74 6,25 4	33 12,25 7,84	34 20,25 12,16	69,68 24 23,2
8	5,25 4,84	7,29 8,41	12,25 12,96	24,01 25
10	25 20,25	57,6 26	78,75 45	87,5 54

ne.txt, X, Y, Z

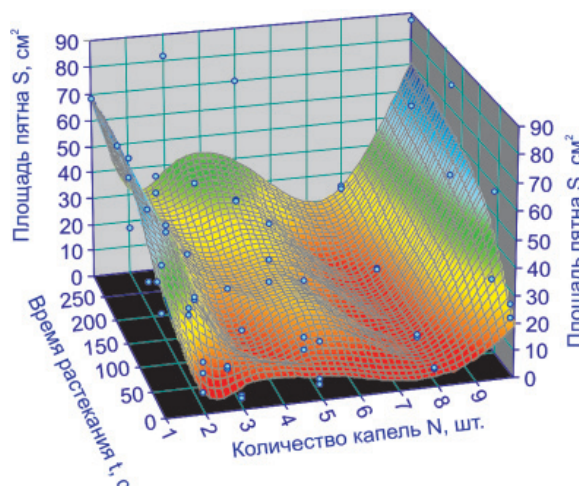
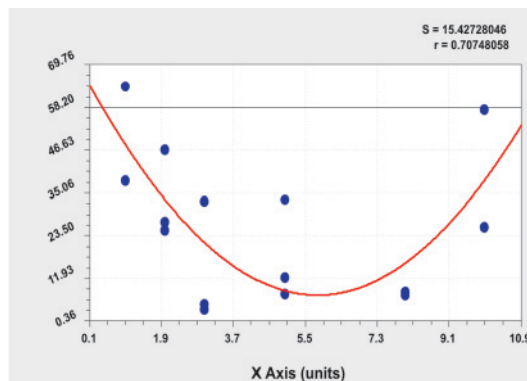
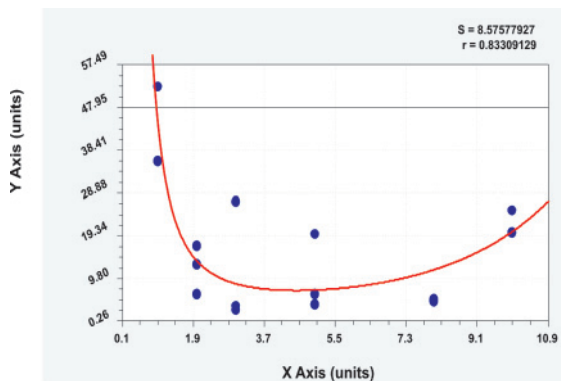


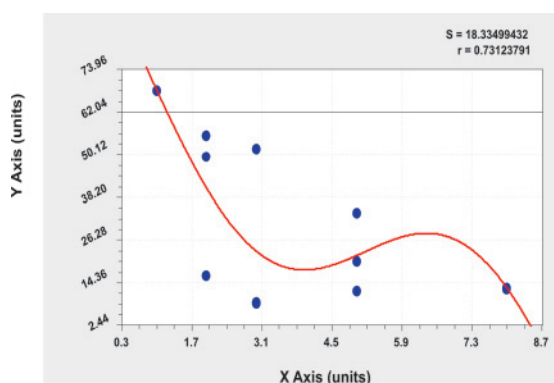
Рис. 4. Зависимость количества капель нефти для производства бензина попадания на водную поверхность от времени растекания и площади капельки нефтяного пятна

Зависимость количества капель нефти для производства бензина попадания на водную поверхность за единицу времени от площади капельки нефтяного пятна:  
Время растекания 10 с:

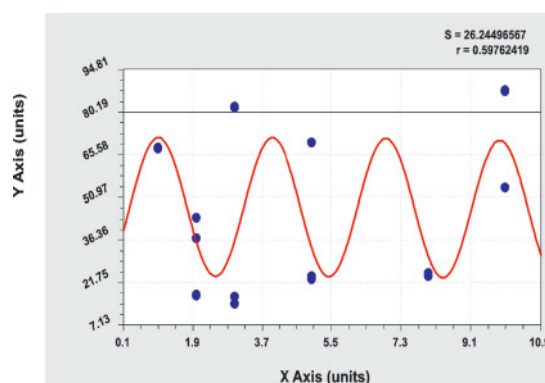
Зависимость количества капель нефти для производства бензина попадания на водную поверхность за единицу времени от площади капельки нефтяного пятна:  
Время растекания 60 с:



Время растекания 180 с:



Время растекания 300 с:



Нами были смоделированы математические модели процесса растекания нефти для получения прямогонного бензина по водной поверхности, т.е. зависимость количества капель попадания на

водную поверхность за единицу времени от площади капельки нефтяного пятна с использованием биотехнического закона проф. П.М. Мазуркина и синусоидального закона:

Для 10 с:

$$S = 25,38908N^{-2,49974} \exp(0,55386N).$$

Для 60 с:

$$S = 344,71313 + 337,26928\cos(0,103378N + 8,82593).$$

Для 180 с.

$$S = 85,99351 + 26,47305\cos(-0,70246N + 5,19372) - 0,12187N.$$

Для 300 с.

$$S = 47,54568 - 23,42712\cos(-2,13641N - 0,99717).$$

Таблица 3

Зависимость высоты падения 4 капель нефти для производства ДТ от времени растекания

Высота $h$ , мм	Время, с			
	10	60	180	300
5	56,98	94,5	81,25	75,92
	60	83,95	83,75	93,75
10	110	120,75	147	168
	115,5	132	131,25	135
20	103,5	130	150	148,5
	80,75	112,5	112,5	160
30	91,8	156,25	156	149,5
	90,25	131,25	156,25	169
50	102	110,5	126	130,95
	95	131,25	169	169
80	60	56	75	82,5
	37,5	55	85,5	78
100	56	97,75	120	138
	24	57,5	126,5	120

Комплексное изображение можно представить в трехмерном пространстве (рис. 5).

Был проведен процесс математического моделирования, т.е. произведена формулировка законов, связывающих основные объ-

екты модели; адекватность модели; анализ математической модели и модернизация этой модели. Анализ математической модели позволяет проникнуть в сущность изучаемых явлений.

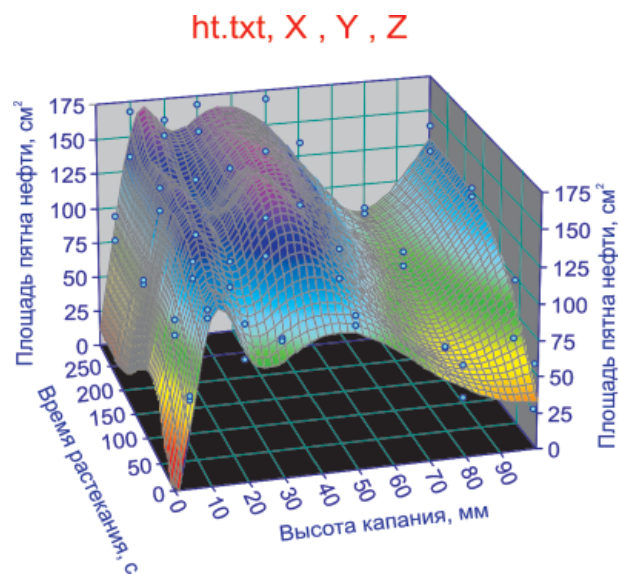


Рис. 5. Зависимость высоты падения 4 капель нефти для производства ДТ от времени растекания

Статья подготовлена и опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазуркин П.М. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических

закономерностей: учеб. пособие для вузов / П.М. Мазуркин, А.С. Филонов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 292 с.

2. Мазуркин, П.М. Статистическое моделирование. Эвристико-математический подход. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 100 с.