

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И КАДРОВ

БЕЛОРУССКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

---

---

# ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

ЧАСТЬ 2

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 80-ЛЕТИЮ ВЫСШЕГО  
МЕЛИОРАТИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

(г. Горки, 4-5 июня 1999 г.)

Горки 1999

УДК 631.6 + 626.8

*Рецензенты:* доктора техн. наук В.И.КУМАЧЕВ, В.М.ЛАРЬКОВ; кандидаты техн. наук В.И.БЕЛЯСОВ, В.И.ВИХРОВ, М.Г.ГОЛЧЕНКО, В.В.ГОРБАЧЕВ, Н.Ф.ГУЛЬКОВ, Н.Н.ДОБРОЛЮБОВ, М.А.ЖАРСКИЙ, В.И.ЖЕЛЯЗКО, М.Т.КОВАЛЕВ, Л.И.КУМАЧЕВ, Т.Д.ЛАГУН, П.Л.МАКАРЕНКО, Г.И.МИХАЙЛОВ, Н.Н.МИХАЛЬЧЕНКО, М.В.НЕСТЕРОВ, Л.Г.ОСНОВИНА, С.И.ПОНАСЕНКО, П.У.РАВОВОЙ, Н.Е.СТЕЛИКОВ.

*Редакционная коллегия:* В.Н.ОСНОВИН (отв. редактор), Л.В.ШУЛЯКОВ (зам. отв. редактора), В.В. ВАСИЛЬЕВ (отв. секретарь), В.К.БОЙКО, М.Г.ГОЛЧЕНКО, Н.Н.ДОБРОЛЮБОВ, В.И.ЖЕЛЯЗКО, М.Т.КОВАЛЕВ, Т.Д.ЛАГУН, В.М.ЛАРЬКОВ, А.П.ЛИХАЦЕВИЧ.

Компьютерный набор и верстку оригинал-макета выполнили И.П. Раченок, Т.М. Новгородская, О.А. Макарова ,

© Коллектив авторов, 1999

©Белорусская сельскохозяйственная академия, 1999

<b>М.В.Нестеров, А.А.Боровиков, В.В.Кувшинова, Д.М.Лейко.</b> Исследование тиксотропных свойств сапропелевых суспензий.....	49
<b>В.Н.Чубуков.</b> Экономия энергоресурсов на заводах сборного железобетона.....	54
<b>Н.В. Шведовский.</b> Проблемы оптимизации критериев экологического состояния природных и техногенных систем.....	57
<b>К.К. Жибуртович.</b> Гистерезисные явления в почвогрунтах, их количественная оценка .....	62
<b>А.В. Крошнев, В.В. Стукошкин, А.А.Крошнев, В.Ю.Петров, В.А.Захарченко.</b> Гидротехническое моделирование системы гибкая водосливная оболочка-поток.....	67
<b>Я.М. Шупилов.</b> К оценке устойчивости оснований земляных сооружений, сложенных биогенными грунтами.....	71
<b>П.К. Черник, Ю.Н. Дуброва, С.В. Основин.</b> Влияние технологии заготовки сочных кормов на их качество.....	75
<b>П.И. Пыленок.</b> Создание и условия применения водооборотных осушительно-увлажнительных систем в центре Нечерноземной зоны России.....	79
<b>Н.Н.Погодин, С.В. Шатило.</b> Технология и средства механизации для повышения продуктивности мелиорируемых земель.....	83
<b>М.В.Нестеров, В.В. Кувшинова.</b> Исследование изменения прочности гидротехнического бетона в зависимости от времени укладки и способа хранения.....	88
<b>П.Л. Макаренко, А.Ф. Шниталев.</b> Влияние хозяйственно-производственной деятельности на качество речных вод бассейна западной Двины.....	93
<b>П.К. Черник, Ю.Н. Дуброва, С.В. Основин.</b> Анализ качества заготовки сочных кормов в хозяйствах Горещкого района Могилевской области.....	96
<b>А.В.Кузьмицкий, А.И. Назаров, В.А. Дремук.</b> Моделирование взаимодействия струи жидкости с пористой средой.....	99
<b>Г.Г. Круглов.</b> Особенности фильтрационного расчета придамбового дренажа.....	103
<b>М.В. Нестеров, А.А. Боровиков, Д.М. Лейко.</b> Исследование прочностных свойств песчано-сапропелевых составов.....	107

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУИ ЖИДКОСТИ С ПОРИСТОЙ СРЕДОЙ

А.В.КУЗЬМИЦКИЙ, А.И. НАЗАРОВ, В.А. ДРЕМУК

Белорусская сельскохозяйственная академия

Горки, Республика Беларусь

Распыливание жидкостей и рабочих растворов в сельскохозяйственном производстве имеет ряд особенностей. Например, опрыскивание растений средствами защиты от вредителей и болезней сопряжено с необходимостью проникновения распыленной струи внутрь стеблестоя с целью уничтожения вредителей в прикорневой зоне. Кроме того важным направлением по сохранению питательности стеблечатых кормов является применение жидких консервантов. При этом преимуществом пользуется внутриобъемный способ внесения, позволяющий обрабатывать материал с наибольшей равномерностью.

В связи с этим известные теоретические положения по распыливанию свободной струи жидкости требуют конкретизации в указанном выше аспекте. Задача заключается в построении математической модели взаимодействия струи жидкости со средой, содержащей различного рода препятствия, и определении параметров зоны проникновения факела в зависимости от диаметра сопла, напора, скорости движения агрегата, типа распылителя, вязкости жидкости и других факторов.

В основу теории построения математической модели положена вероятностная (стохастическая) модель распространения капель в поровом пространстве материала, обладающего пористостью  $m$  при движении сопла относительно материала со скоростью  $U$ .

Принято, что частицы материала расположены слоями (рис.1) со средним расстоянием между ними  $a$  и с толщиной слоя  $d$ . Площадь  $S$  равна площади занимаемой частицами  $S_k$ , и площади пор  $S_0$ .  $S = S_k + S_0$

Рассмотрены случаи, когда сопло неподвижно и движется со скоростью  $U$ .

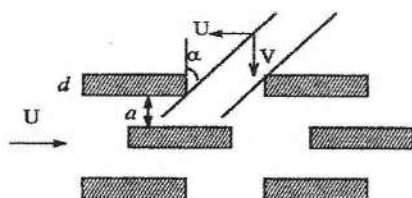


Рис. 1 Схема к расчёту параметров взаимодействия факела движущегося сопла с пористым материалом.

В первом варианте вероятность того, что движущаяся капля пройдёт первый слой, равна  $p = S_0 / S$ , а вероятность того, что капля встретится с частицей,  $q = S_k / S$ . Очевидно, что  $p + q = 1$ . Вероятность того, что она пройдет первый слой и встретится с частицей второго слоя, т.е. пройдёт путь, равный  $2a + d$ , будет  $pq$  (предполагая, что  $p$  и  $q$  для каждого слоя одинаковы). Вероятность того, что она попадет на частицу третьего слоя, пролетев путь  $3a + 2d$ , определится как  $p^2 \cdot q$  и т.д. Исходя из вышеизложенного получаем распределение вероятностей длины пути:

$l$	$a$	$2a+d$	$3a+2d$	...	$(n+1)a + nd$
$p$	$q$	$pq$	$p^2q$	...	$p^nq$

Применяя формулу для суммы геометрической прогрессии ( $a + aq + aq^2 + aq^3 + \dots = a / (1 - q)$ ), убедимся в правильности закона распределения:

$$q + pq + p^2q + \dots + p^nq + \dots = q(1 + p + p^2 + p^3 + \dots) = q(1 / (1 - p)) = q \cdot 1 / q = 1$$

Найдем математическое ожидание дальности проникновения капли:

$$M(l) = aq + (2a + d)pq + (3a + 2d)p^2q + \dots = \\ = aq(1 + 2p + 3p^2 + 4p^3 + \dots) + dpq(1 + 2p + 3p^2 + \dots)$$

Обозначим  $1 + 2p + 3p^2 + 4p^3 + \dots = f(p)$ , тогда

$$\int_0^p f(p)dp = p + p^2 + p^3 + p^4 + \dots = p / (1 - p).$$

Продифференцировав данное выражение, получим

$$f(p) = (p / (1 - p))' = (1 - p + p) / (1 - p)^2 = 1 / q^2,$$

поэтому

$$M(l) = aq \cdot 1 / q^2 + dpq \cdot 1 / q^2 = (a + dp) / q. \quad (1)$$

Чем больше  $q$  (вероятность попадания на частицу в каждом слое), тем меньше  $M(l)$  - средняя длина свободного пробега.

Предположим теперь, что сопло движется горизонтально со скоростью  $U$ , а капли жидкости вертикально вниз со скоростью  $V$ .

Чтобы пройти первый слой, капля должна теперь попасть в зону меньшую, чем  $S_0$  на величину  $d \cdot \operatorname{tg} \alpha$ , так как  $\operatorname{tg} \alpha = U / V$ . Тогда величина площади, при попадании в которую капля пройдет первый слой, будет равна  $S_{0U} = S_0 - d \cdot U / V$ . При попадании на частицу площадью  $S_{кU} = S_k + d \cdot U / V$  капля задерживается первым слоем. Таким образом, вероятность того, что падающая капля проходит первый слой, в данном случае равна  $p_U = (S_0 - d \cdot U / V) / S = p - d \cdot U / SV$ , а вероятность того, что она попадет на частицу  $q_U = (S_k + d \cdot U / V) / S = q + d \cdot U / SV$ .

В данном случае также, как и при неподвижном сопле  $p_U + q_U = (S_0 + S_k) / S = 1$ .

При этих условиях средняя дальность распыливания жидкости будет

$$M(l_U) = (a + d(p - d \cdot U / SV)) / (q + d \cdot U / SV). \quad (2)$$

Если  $U=0$ , то  $M(l_U) = M(l)$ . Формула (2) справедлива при условии  $p - dU / SV > 0$  или  $U < pSV / d$ , если это неравенство не вы-

полняется то капля достоверно остается в первом слое. Полученная зависимость иллюстрируется рис.2,а

Для проверки полученной зависимости были проведены экспериментальные исследования [4] внутриобъемного впрыска жидкости в пористый материал. На рис.2,б приведена зависимость по распределению дозы рабочего раствора  $Q_k$  от расстояния до сопла  $L$  при различном напоре  $H_k$ . Для удобства анализа величина дозы учтена (в %) к общему количеству впрыснутой жидкости.

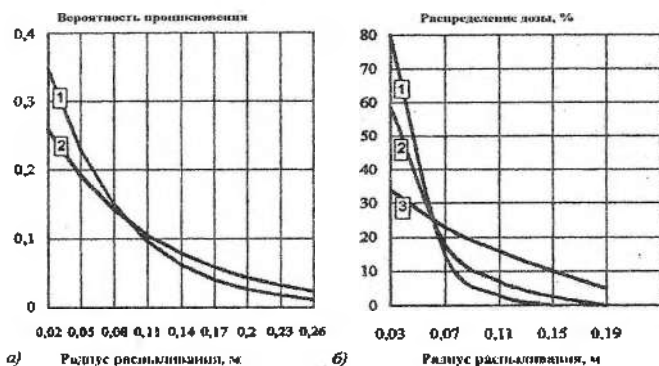


Рис.2. Распределение впрыскиваемой дозы жидкости в зависимости от расстояния до сопла при различном напоре: а) — теоретическая зависимость 1 —  $U=15$  м/с,  $H_k = 0,1$  МПа, 2 —  $U=15$  м/с,  $H_k = 0,6$  МПа; б) зависимость по результатам эксперимента: 1 —  $H_k = 0,1$  МПа, 2 —  $H_k = 0,3$  МПа, 3 —  $H_k = 0,6$  МПа.

Анализ зависимости показывает, что при внутриобъемном внесении количество впрыснутой жидкости распределяется весьма неравномерно по мере удаления от сопла, причем, чем меньше напор  $H_k$ , тем выше эта неравномерность. Так, при напоре 0,1 МПа на участке 0...0,035м задерживается (поглощается) до 80% жидкости и лишь 3...5% достигают участка с радиусом  $L = 0,135$ м. С увеличением напора до 0,6 МПа эта неравномерность снижается (распределение дозы выравнивается) с 33% на участке 0,035м до 10,5% на расстоянии 0,2 м.

Полученные теоретические зависимости определяют параметры факела распыленной жидкости и могут быть использованы для моделирования внутриобъемного впрыска и обоснования конструктивных и технологических параметров оборудования. Зная параметры зоны обработки, можно, в частности, определить количество распылителей, расстояние между ними, диаметр сопла, напор с учетом скорости сопла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмицкий А.В. Инъекционное внесение жидких химических консервантов мобильным агрегатом при силосовании кормов: Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. Горки, 1987.

2. Грачев А.В. Способы и технические средства повышения эффективности обработки силосуемой зеленой массы химическими консервантами: Автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. М., 1987.

3. Поединок В.Е., Николаенко Л.И. Внесение химических консервантов в силосуемую массу // Техника в сельском хозяйстве. 1986. № 8, С.16.

4. Дремук В.А., Кузьмицкий А.В. К вопросу внесения жидких консервантов при силосовании кормов // Совершенствование технологических процессов и средств механизации в кормопроизводстве и животноводстве. Горки, 1995. С. 16...22 (Сб. науч. тр./БСХА).

## ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАСЧЕТА ПРИДАМБОВОГО ДРЕНАЖА

Г.Г. КРУГЛОВ

Белорусская государственная политехническая академия  
Минск, Республика Беларусь

Создание водохранилищ всегда связано с затоплением и подтоплением территорий, для защиты которых устраивают дамбы обвалования и дренаж. Если защищаемая территория вытянута в виде полосы