

## ВЕНТИЛЯТОРНОЕ ОПРЫСКИВАНИЕ ВИНОГРАДНИКОВ КАК ПРОЦЕСС ФИЛЬТРОВАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

*Екатерина Серая*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
Украина, г. Киев, ул. Героев Обороны, 15*

*Kateryna Syera*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Str. Heroiv Oborony, 15, Kiev, Ukraine*

**Аннотация.** Технологический процесс вентиляторного опрыскивания рассмотрен как процесс фильтрации двухфазного аэрозоля сквозь крону растения. Предлагается модель, которая дает возможность количественно описать процессы, происходящие при опрыскивании растений, выявляет закономерности движения потока сквозь крону и может быть использована для проектирования конструкции и режимов работы рабочих органов вентиляторных опрыскивателей.

**Ключевые слова:** опрыскиватель, поток, вентилятор, фильтрация, аэрозоль, модель, виноградник, граничные условия.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Виноград по своему экономическому значению занимает особое место среди прочих сельскохозяйственных культур, возделываемых на юге Украины. Виноградарство неразрывно связано с виноделием и является одной из приоритетных отраслей развития агропромышленного комплекса АР Крым, где площади виноградников составляют более 31,7 тыс.га [1]. Вместе с тем по прогнозам ученых оптимальная площадь виноградниковых насаждений на полуострове может составить около 85-90 тыс. га, а валовой сбор – на уровне 500-550 тыс. тонн [2].

Площади закладки виноградных насаждений как в АР Крым, так и в целом по Украине, имеют тенденцию к увеличению [1, 3]. Поэтому можно прогнозировать увеличение спроса на специализированную технику для ухода за виноградниками. Химическая защита является обязательным агротехнологическим приемом, от качества и своевременности выполнения которого во многом зависит рентабельность сельскохозяйственного производства. По данным Органи-

зации по продовольствию и сельскому хозяйству ООН (ФАО) ежегодный ущерб, который наносят вредители и болезни сельскохозяйственных культур, составляет 20-25% потенциального мирового урожая продовольственных культур [4].

Вентиляторные опрыскиватели – являются основными средствами механизации технологического процесса опрыскивания виноградников. В 2013 году в перечне рекомендуемой к использованию техники украинских и зарубежных производителей базы данных Министерства аграрной политики Украины [5] представлено 74 машины для химической защиты растений, из них только 13 производства Украины и стран ближнего зарубежья, из которых 5 – это вентиляторные опрыскиватели.

Ежегодно на виноградниках проводят от 7 до 8 опрыскиваний [6]. В отдельные года, когда климатические условия благоприятствуют развитию популяции вредителей и болезней, количество опрыскиваний достигает 15 раз за сезон.

Фенологические фазы – внешние морфологические проявления роста растений в период их вегетации. Смена фаз происходит в результате жизнедеятельности организма и обусловлена развитием или изменением жизненных функций его органов [2]. Ежегодно период вегетации виноградного куста проходит ряд фенологических фаз: набухание и распускание почек (апрель); образование на побегах 3-4 листьев (конец апреля - начало мая); образование на побегах 5-6 листьев, длина побегов 25-30 см (май); обособление бутонов в соцветиях (конец мая - начало июня); завязывание ягод - начало роста ягод (июнь); рост ягод и их созревание (июль-сентябрь). Каждая из этих фаз характеризуется различной площадью листовой

## ВЕНТИЛЯТОРНОЕ ОПРЫСКИВАНИЕ ВИНОГРАДНИКОВ КАК ПРОЦЕСС ФИЛЬТРОВАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

поверхности, размерами побегов, соцветий, ягод и других частей виноградного растения.

Опрыскиватель должен обеспечить полное и равномерное покрытие растений рабочим раствором при каждой из фенологических фаз развития растения. Вместе с тем, развитие теории пока еще не привело к убедительному количественному анализу процессов распыла жидкости при неупорядоченном, турбулентном движении жидкости и для создания приемлемых методов расчета опрыскивателей [8].

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Механизации химической защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней посвящено множество теоретических и экспериментальных работ.

Научные исследования проводили как научно-исследовательские учреждения (НИИВиВ «Магарач», НИИВиВ им. В. Е. Таирова, Молдавский НИИ СВиВ и другие), так и отдельные ученые. Большой вклад в развитие теории опрыскивания внесли такие авторы как Нагирный Ю.П., Георгиев М.П., Болбочан Е.К., Леонтьева И.А., Хантадзе М.З., Гущин Е.Г., Цырин А.А., Прокопенко В.Ф., Зейликман Х.Н., Войтюк Д.Г., Заика П.М., Догота П.А. и дру-

гие. Их выводы, формулы и рекомендации до настоящего времени используются для расчета и конструирования вентиляторных опрыскивателей.

Из литературных источников [7, 8, 9, 19, 20] известно, что для описания технологического процесса вентиляторного опрыскивания, а именно для истечения воздушно-жидкостной струи в пространство, общепринято использовать теорию турбулентных струй [10]. При этом принято допущение, что выходящий из сопла вентилятора воздушный поток имеет вид осесимметричной свободной затопленной струи (рис. 1).

Схема струи условно разделена на два участка – начальный и основной. Начальный промежуток характеризуется ядром потока, скорость которого постоянна и равна начальной.

Вследствие хаотичного перемешивания турбулентных вихрей, поток отдает часть своей кинетической энергии частицам окружающего воздуха, постепенно теряет скорость и затухает.

При отсутствии посторонних возмущений поток расширяется пропорционально расстоянию от сопла. Каждая струя имеет свой постоянный угол бокового расширения  $\alpha$ , зависящий от степени турбулентности потока. В любом поперечном разрезе за пределами ядра эпюры скоростей подобны.

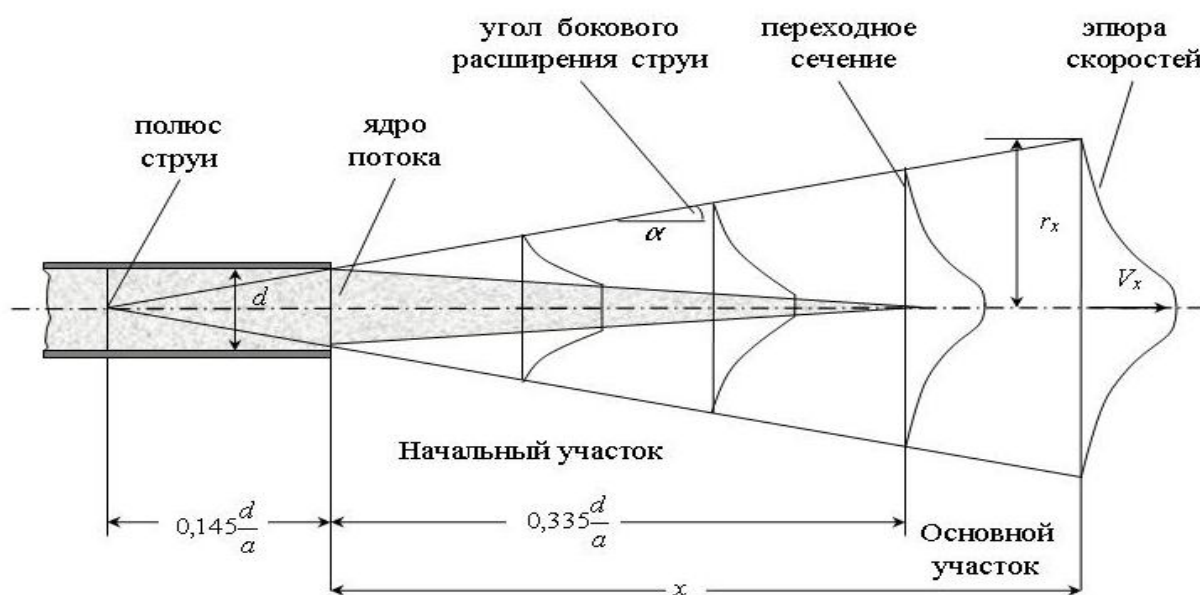


Рис. 1. Аэродинамическая схема осесимметричной свободной струи  
Fig. 1. Aerodynamic scheme of the symmetrically floated flow

Осевую скорость струи, вытекающей из круглого отверстия, на основном промежутке можно определить по формуле [7]:

$$v_x = \frac{0,48 \cdot v_0}{\frac{a \cdot x}{d} + 0,145}, \quad (1)$$

где:  $x$  – расстояние от сопла, м;

$v_x$  – скорость воздушного потока на расстоянии  $x$  от выходного отверстия, м/с;

$v_0$  – скорость воздушного потока на выходе из сопла, м/с;

$d$  – диаметр сопла, м.

Коэффициент турбулентности потока  $a$  предлагается выбирать в пределах от 0,07 до 0,14 [9].

Количество воздуха, протекающее за 1 секунду в произвольном сечении основного участка струи  $Q_x$  равно [7]:

$$Q_x = 4,36 \cdot Q_0 \cdot \left( \frac{a \cdot x}{d} + 0,145 \right), \quad (2)$$

где:  $Q_0$  – производительность струи на выходе из сопла, соответствующая максимальной.

Зависимости (1) и (2) позволяют производить расчет средней скорости потока и параметров распыливающих устройств вентиляторных опрыскивателей.

Недостаток заключается в том, что истечение струи рассматривается в свободном пространстве.

В результате имеет место идеализация процесса и не учитываются характеристики растения, расположенного на пути потока.

Вышеизложенные положения являются основой для дальнейших теоретических разработок.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

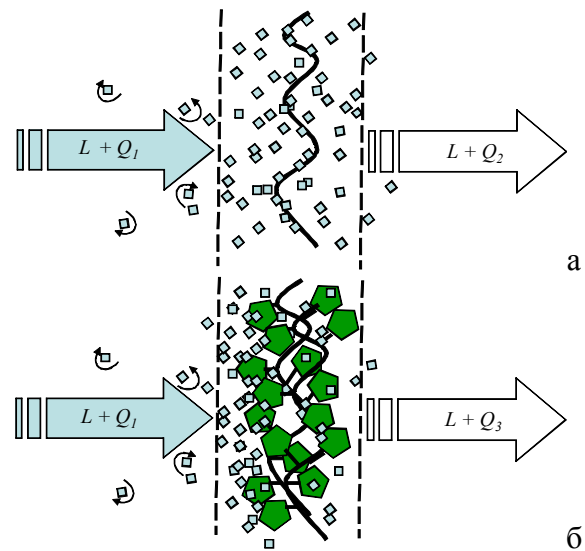
Провести анализ процесса опрыскивания виноградного растения, как процесса фильтрации аэрозоля сквозь проницаемую перегородку.

Разработать теоретическую модель распространения воздушно-жидкостного потока в некотором объеме для расчетов параметров технологического процесса опрыскивания на основе турбулентной диффузии частиц в кроновом пространстве.

Представить численную реализацию модели с использованием, к примеру, сеточных методов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основе предлагаемого теоретического описания процесса вентиляторного опрыскивания положена гипотеза, что опрыскивание, а именно осаждение пестицидов в кроне растения, следует рассматривать как процесс фильтрации двухфазного аэрозоля сквозь крону растения (рис. 2).



**Рис. 2.** Схема фильтрации аэрозоля сквозь крону растения:

- а) листья на растении отсутствуют; б) вегетирующее растение

**Fig. 2.** Scheme of aerosol filtration through plant canopy:

- a) a plant without leaves; b) vegetation of a plant

Тогда суть процесса заключается в следующем. Приточный газовый поток, состоящий из воздуха  $L$  (м<sup>3</sup>) и распыленных капель рабочей жидкости  $Q_1$  (м<sup>3</sup>), проходит сквозь кроновое пространство растения. Крона растения рассматривается как фильтровальная перегородка. Соприкасаясь с поверхностью перегородки, капли задерживаются и оседают. В результате воздушно-жидкостная смесь разделяется на воздух и осадок. Основной механизм улавливания капель на горизонтальных поверхностях это гравитационное осаждение, на вертикальных – инерционное столкновение.

Тогда, эффективность опрыскивания (фильтрации) можно охарактеризовать показателем очистки воздушного потока от примесей:

## ВЕНТИЛЯТОРНОЕ ОПРЫСКИВАНИЕ ВИНОГРАДНИКОВ КАК ПРОЦЕСС ФИЛЬТРОВАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

$$\eta_{ov} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100 \% , \quad (3)$$

где:  $Q_1$  – количество жидкости в потоке на входе в кроновое пространство,  $\text{м}^3$ ;

$Q_2$  – количество жидкости, перелетевшей за пределы кроны,  $\text{м}^3$ .

Теория фильтрации аэрозолей сквозь проницаемую перегородку представляет собой один из разделов механики жидкости и газа. В настоящее время накоплено много теоретической и практической информации в данной области. Чтобы установить какие закономерности теории фильтрации можно использовать для описания процесса опрыскивания и для решения поставленных в диссертационной работе задач, введем следующие допущения.

Во-первых, условно разделим воздушно-жидкостный поток на три участка в зависимости от места расположения относительно кроны (рис.3). Перед входом в крону – наветренная сторона растения.

I. Крона растения – фильтровальная перегородка.

II. Внутренняя – подветренная сторона растения.

Перед входом в крону закономерности движения потока хорошо согласуется с общепринятой теорией турбулентных струй. В кроне движение потока подчиняется закономерностям фильтрации аэрозолей сквозь проницаемую фильтровальную перегородку.

На внутренней стороне – закономерностям обтекания воздушным потоком тел различной формы. Поскольку основной прикладной задачей является выбор режимов подачи воздушного потока  $L$  и жидкости  $Q$  в зависимости от размеров растения, далее будем рассматривать последовательно эти участки.

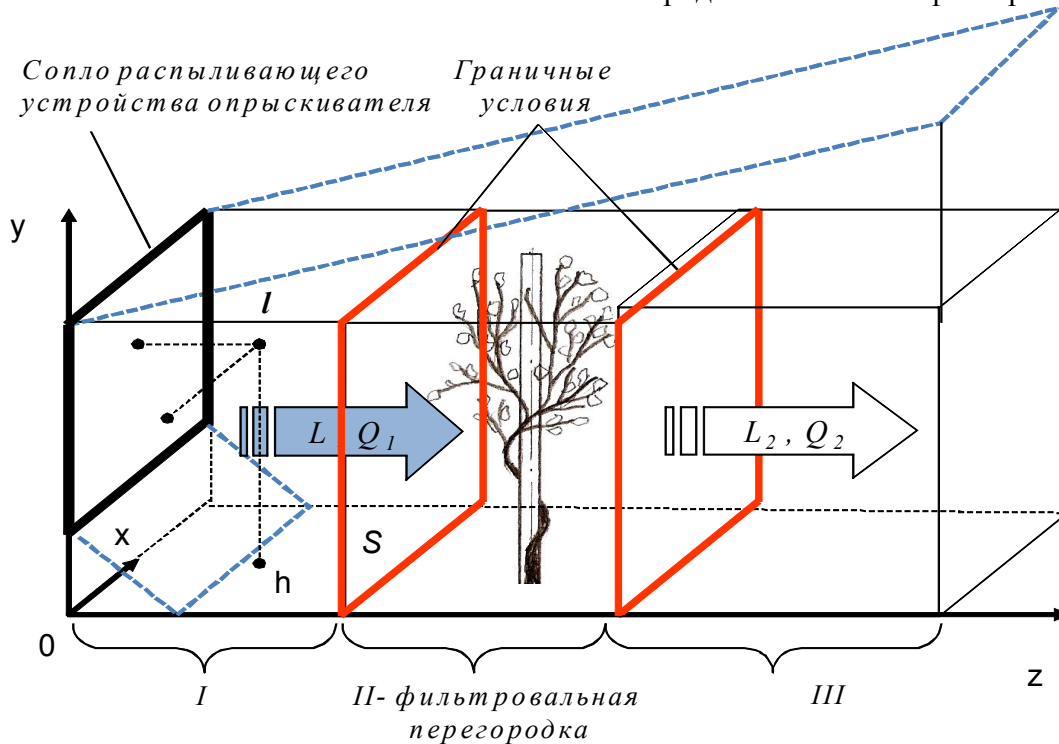
Во-вторых, пусть для описания процесса опрыскивания можно использовать основное дифференциальное уравнение фильтрации с образованием несжимаемого осадка на несжимаемой перегородке [11, 12]:

$$\frac{dL}{S \times d\tau} = \frac{\Delta p}{\mu \times R_{\phi.n.}} , \quad (4)$$

где:  $L$  – объем фильтруемой среды (в случае опрыскивания это воздух),  $\text{м}^3$ ;

$S$  – площадь поверхности фильтрации,  $\text{м}^2$ ;

$\tau$  – продолжительность фильтрации, с;



**Рис. 3.** Модель проникновения воздушно-жидкостного потока в кроновое пространство растения при опрыскивании: I – подветренная сторона; II – кроновое пространство; III – подветренная сторона

**Fig. 3.** The model to the air-liquid flow expansion through canopy: I – before the wind; II – canopy; III – downwind side

$\Delta p$  – разность давлений, вызывающая фильтрацию аэрозоля через рассматриваемый участок фильтровальной перегородки, Па;

$\mu$  – вязкость, Н·с·м<sup>-2</sup>;

$R_{ф.н.}$  – общее сопротивление фильтровальной перегородки, м<sup>-1</sup>.

Таким образом, количество фильтрата может быть определено интегрированием дифференциального уравнения:

$$dL = USd\tau, \quad (6)$$

то есть вычислением интеграла:

$$L = \int_0^{\tau} USd\tau. \quad (7)$$

Скорость фильтрования так же можно описать уравнением движения Эйлера (правая часть уравнения 4):

$$U = \frac{\Delta p}{\mu \times R_{ф.н.}}. \quad (8)$$

Формула (8) показывает, что скорость фильтрования пропорциональна перепаду давлений  $\Delta p$  на наветренной и подветренной (относительно направления воздушного потока) поверхностях растения и обратно пропорциональна сопротивлению воздухопроницаемости куста. Перепад давления можно выразить как:

$$\Delta p = p_{ветт} - p_{атм}, \quad (9)$$

где:  $p_{ветт}$  – давление воздуха на наветренной стороне куста, Па;

$p_{атм}$  – невозмущенное атмосферное давление, Па.

Сопротивление растения, как фильтровальной перегородки, определяется по формуле:

$$R_{ф.н.} = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (10)$$

где:  $R_1, R_2, \dots, R_n$  – сопротивления отдельных элементов биомассы растения.

Проведем моделирование поведения воздушно-жидкостного потока перед входом в крону [13]. Согласно положениям фильтрации аэрозолей поток является двухфазной средой, смесью газа (воздуха) с мелкими частицами жидкости. Полагаем, что движение частиц в потоке в целом подчинено законам движения воздуха. Процесс проникновения распыляемого вещества в этот объем представим уравнением диффузии. Глубина проникновения потока  $h = h(t)$  в параллелепипед – функция времени  $t$  (рис. 3, участок I).

Тогда, левая часть уравнения (4) представляет собой скорость фильтрования: количество фильтрата  $L$ , прошедшего через единицу площади поверхности фильтрации  $S$  за единицу времени  $\tau$ :

$$U = \frac{dL}{S \times d\tau}. \quad (5)$$

Переходя к безразмерной переменной  $\xi = \frac{z}{h}$ , в переменных  $\xi$  и  $t$  уравнение турбулентной диффузии можно представить в виде:

$$a(c, \rho) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{h^2} \cdot \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial \xi} \right) + a(c, \rho) \frac{dh}{dt} \cdot \frac{\xi}{h} \cdot \frac{\partial T}{\partial \xi} - a(c, \rho) \frac{1}{h} \frac{\partial h_0}{\partial t} \cdot \frac{\partial T}{\partial \xi} - \frac{1}{h} \cdot \frac{\partial S}{\partial \xi} + M, \quad (11)$$

где:  $c$  – коэффициент диффундирования,

$\rho$  – плотность среды,

$\lambda$  – коэффициент, связанный со скоростью заполнения объема,

$T$  – концентрация,

$\frac{\partial h_0}{\partial t}$  – показатель приращения слоя,

$S$  – показатель потока [14, 18],

$M$  – учет влияния перемешивания на концентрацию по направлению оси  $Oz$ .

Для расчета потока в объеме применяется экспоненциальная зависимость  $S(\xi) = S(0) \exp(-\alpha h \xi)$ , где  $\alpha$  – коэффициент ослабления.

Параметризация уравнения (11) может быть осуществлена на основе уравнения для кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации. Коэффициент турбулентной диффузии  $\lambda$  может быть определен следующим образом [15, 16]:

$$\lambda = c\rho k, \quad (12)$$

где  $k$  – коэффициент турбулентности:

$$k = C_\xi \frac{E^2}{\varepsilon}. \quad (13)$$

При этом кинетическая энергия турбулентности имеет вид:

$$E = \frac{1}{2} \sqrt{\dot{u} + \dot{v} + \dot{w}}. \quad (14)$$

Турбулентная энергия  $E$  и скорость ее диссипации  $\varepsilon$ :

ВЕНТИЛЯТОРНОЕ ОПРЫСКИВАНИЕ ВИНОГРАДНИКОВ КАК ПРОЦЕСС  
ФИЛЬТРОВАНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{\alpha_E}{h^2} \frac{\partial}{\partial \xi} k \frac{\partial E}{\partial \xi} + \frac{\xi}{h} \frac{\partial h}{\partial t} \frac{\partial E}{\partial \xi} + p - \varepsilon, \quad (15)$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{\alpha_\varepsilon}{h^2} \frac{\partial}{\partial \xi} k \frac{\partial \varepsilon}{\partial \xi} + \frac{\xi}{h} \frac{\partial h}{\partial t} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \xi} + C_1 \frac{\varepsilon}{E} (p - \varepsilon),$$

где:  $\alpha_E$  и  $\alpha_\varepsilon$  – безразмерные величины;  
 $C_1$  – функция числа Рейнольдса ( $Re$ ):

$$C_1 = \frac{C_0}{1 + \frac{0,69(2 - C_0)}{\sqrt{Re}}}, \quad (16)$$

$$Re = \frac{\left(\frac{2E}{3}\right)^2}{\nu \varepsilon}, \quad (17)$$

где:  $\nu$  – молекулярная вязкость смеси (химикат + воздух);  $C_0 = \text{const}$ .

Определимся с граничными условиями. Для составляющих вектора скорости потока на поверхности  $\xi = 0$  будем иметь следующие зависимости:

а) Непрерывность потока импульса.

Напряжение трения по  $Ox$  и  $Oy$  в правых частях:

$$-\frac{\rho k}{h} \frac{\partial U}{\partial \xi} \Big|_{\xi=0} = \tau_x, \quad (18)$$

$$-\frac{\rho k}{h} \frac{\partial V}{\partial \xi} \Big|_{\xi=0} = \tau_y.$$

б) Условие прилипания в пограничном слое:  $u|_z = v|_z = 0$ .

$$\text{Дополнительно: } E|_{\xi=0} = \frac{C_\tau}{\rho} \tau_a,$$

где:  $C_x$  – безразмерный коэффициент;  $\tau_a$  – модуль напряжения трения потока вдоль оси  $Oz$ .

$$E|_z = \frac{C_\tau}{\rho} \tau_b. \quad (19)$$

$$\tau_b = \frac{\rho k}{h} \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial \xi}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \xi}\right)^2}. \quad (20)$$

Граничные условия для  $\varepsilon$  могут быть получены из граничных условий для  $E$  и определяются по формуле:

$$\varepsilon = C_\varepsilon \frac{E^{2/3}}{l}. \quad (21)$$

Тогда путь смещения (масштаб турбулентности):

$$l\sqrt{E} = k = C_\varepsilon \frac{E^2}{\varepsilon}, \quad l = C_\varepsilon \frac{E^{3/2}}{\varepsilon}. \quad (22)$$

Численная реализация может быть осуществлена по следующему алгоритму [17]:

1) Составляется уравнение диффузии в конечных разностях:

$$c\rho \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t} = \frac{\lambda}{(h^j)^2} \cdot \frac{T_{i+1}^{j+1} - 2T_i^{j+1} + T_{i-1}^{j+1}}{(\Delta \xi)^2} +$$

$$+ c\rho \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{\xi}{h^j} \cdot \frac{T_{i+1}^{j+1} - T_{i-1}^{j+1}}{2\Delta \xi} -$$

$$- c\rho \frac{\Delta h_0}{\Delta t} \cdot \frac{1}{h^j} \cdot \frac{T_{i+1}^{j+1} - T_{i-1}^{j+1}}{2\Delta \xi} - \frac{1}{h} \cdot \frac{\partial S^j}{\partial \xi}. \quad (23)$$

2) Аппроксимация уравнения для турбулентной энергии и скорости ее диссипации имеет вид:

$$\delta_i E_i^{j+1} = \frac{\alpha_E}{h^j} \delta_\xi (k_i^{j+1} \delta_\xi E_i^{j+1}) +$$

$$+ \frac{\xi_i}{h^j} \delta_i h^{j+1} \delta_\xi E_i^{j+1} + P_i^{j+1} - \varepsilon_i^{j+1},$$

$$\delta_i \varepsilon_i^{j+1} = \frac{\alpha_\varepsilon}{h^j} \delta_\xi (k_i^{j+1} \delta_\xi \varepsilon_i^{j+1}) +$$

$$+ \frac{\xi_i}{h^j} \delta_i h^{j+1} \delta_\xi \varepsilon_i^{j+1} + C_{li}^{j+1} \frac{\varepsilon_i^{j+1}}{E_i^{j+1}} (P_i^{j+1} - \varepsilon_i^{j+1}),$$

$$P_i^{j+1} = \frac{k_i^{j+1}}{h^j} \left[ (\delta_\xi u_i^{j+1})^2 + (\delta_\xi v_i^{j+1})^2 - \frac{g}{\rho} \delta_\xi \rho_i^j \right],$$

$$k_i^{j+1} = C_\varepsilon \frac{(E_i^{j+1})^2}{\varepsilon_i^{j+1}}, \quad \delta_i (\cdot)_i^{j+1} = \frac{(\cdot)_i^{j+1} - (\cdot)_i^j}{\Delta t},$$

$$\delta_\xi (\cdot)_i^{j+1} = \frac{(\cdot)_{i+1}^{j+1} - (\cdot)_i^{j+1}}{\Delta \xi}, \quad \delta_\xi (\cdot)_i^{j+1} = \frac{(\cdot)_i^{j+1} - (\cdot)_{i-1}^{j+1}}{\Delta \xi},$$

$$\delta_\xi (\cdot)_i^{j+1} = \frac{(\cdot)_{i+1}^{j+1} - (\cdot)_{i-1}^{j+1}}{2\Delta \xi}. \quad (24)$$

3) На каждом шаге решение первых двух разностных уравнений определяется методом прогонки.

4) Скорости  $u_i^{j+1}$  и  $v_i^{j+1}$  к моменту решения уравнений (24) уже определены из уравнений (25):

$$\delta_i u_i^{j+1} = \frac{\alpha_E}{h^j} \delta_\xi (k_i^j \delta_\xi u_i^{j+1}) + \frac{\xi_i}{h^j} \delta_i h^{j+1} \delta_\xi u_i^{j+1}$$

$$\delta_i v_i^{j+1} = \frac{\alpha_E}{h^j} \delta_\xi (k_i^j \delta_\xi v_i^{j+1}) + \frac{\xi_i}{h^j} \delta_i h^{j+1} \delta_\xi v_i^{j+1}. \quad (25)$$

5) После определения  $E_i^{j+1}$  и  $\varepsilon_i^{j+1}$  по формулам (12) и (13) находится коэффициент турбулентной диффузии  $\lambda_i^{j+1}$ . Таким образом, имеем полностью неявную схему относительно величин  $E$  и  $\varepsilon$ , что обеспечивает ее устойчивость и силу нелинейности,

решение может быть найдено с помощью итерационной процедуры.

Таким образом, приведенный алгоритм решения задачи позволяет осуществить численную реализацию процесса при различных сочетаниях параметров для предложенной модели распределения концентрации вещества (ядохимиката) в любой точке кронового пространства куста.

### ВЫВОДЫ

Описание технологического процесса вентиляторного опрыскивания, как процесса фильтрации аэрозолей, позволяет количественно рассчитать требуемую подачу воздушно-жидкостного потока (объемную или массовую в зависимости от цели расчетов) с учетом фактических размеров обрабатываемого растения. В дальнейшем предложенные формулы целесообразно использовать для расчета и проектирования режимов подачи воздуха и рабочей жидкости для опрыскивания виноградников.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Statistichniy 2010: Statistichniy schorichik Avtonomnoi respubliky Krym za 2009 rik / Derzhavni kom. stat. Ukrainy; Golovne upravlinnia sttistiki v ARK. – Simferopol. – 574.
2. Dikan A.P. 2001: Vinogradarstvo Kryma. – Simferopol: Biznes-Inform, – 408.
3. Statystichniy 2013: Statystichny schorichnik Ukraini za 2012 rik. – K.: Konsultant. – 565.
4. Manual 2002: Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides / prep. by the FAO / WHO Joint Meet. on pesticide specifications (JMPS). – Geneva: WHO; Rome: FAO. – 255.
5. Basa 2013: Basa danyh Mehanizazia APK: (Machyny dla himychnogo zahistu roslyn) / 1997–2013 Ministerstvo agrarnoi politiki Ukrainy. <http://www.minagro.gov.ua/page/3301>
6. Chenkin A.F. 1990: Spravochnik agranoma po zaschite rasteniy. – M.: Agropromizdat. – 367.
7. Zaika P.M. 2002: Teoria silskogospodarskih machin T. 1 (ch. 4). Machyny dla zahistu roslyn vid shkidnykiv i hvorob. – Kharkiv: Oke. – 272.
8. Silskogospodarski 2008: Silskogospodarski machyny: osnovy teorii ta rozrachunku: navch. posib. / za red. D.G. Voituka. – Sumy: Universitetska knyga. – 543.
9. Spravochnik 1967: Spravochnik konstruktora selskohoziastvennyh mashin: v 4 t. / [pod red. M.I. Klezkina]. – M.: Mashinostroenie, 1967. T. 2. – 830.
10. Abramovich G.N. 1984: Teoria turbulentnyh strui. – M.: Nauka, – 716.
11. Zhuzhikov V.A. 1971: Filtrovaniye. Teoria i proektirovaniye rasdeleniya suspenziy. – M.: Chimia. – 440.
12. Straus V. 1981: Promyslenaya ochistka gazov. – M.: Chimia, – 616.
13. Stepanov A.V. 2007: Model rasprostraneniya vodusno-zhidkostnogo potoka v krone vinogradnica pri opriskivaniy / A.V. Stepanov, E.M. Seray // Visnyk Kharkivskogo nazionalnogo technichnogo universitetu silskogo gospodarstva im. P. Vasilenka. – Kharkiv. – № 62. – 269–275.
14. Monin A.S. 1965: Statisticheskaya gydromekhanika: 1. Mekhanika turbulentsnosti. – M.: Nauka, – 639.
15. Lyskov V.N. 1992: O probleme zamykania modeley turbulentnogo pogranichnogo sloya s pomoschu uravneniy dla kineticheskoy energii turbulentsnosti i skorosti ee disipazii // Izvestia AN SSSR. Fiz. arm. i okeana. – № 28. – 696 – 704.
16. Slichting G. 1974: Teoria pogranichnogo sloya. – M.: Nauka. – 591.
17. Lebedev V.I. 2000: Funktsionalnyy analiz I vychislitel'naya matematika. – M.: Fizmatlit. – 560.
18. Loyzanski L.G. 1987: Mekhanika zhidkosti i gaza. – M.: Nauka. – 840.
19. Flys I. 2010: Engineer project management of production and processing complexes / I. Flys – Motrol, 12 – 75–81.
20. Kompleksniy 2011: Kompleksniy pokaznik efektyvnosti sistemu mashin v roslunnctvi // V. Dubrovin, E. Krasowski, I. Rogovski / – Motrol, Vol. 14, 3. – 20–24.

### AIRBLAST SPRAYING OF VINEYARD AS THE AEROSOL FILTRATION PROCESS

**Summary.** The technological process of airblast spraying was described as a process of aerosol filtration through the plant canopy. There was a model that make possible to evaluate the quantity of processes taking place over spraying, it shows the patterns of airflow movement though the plant. This model can be useful to design construction and modes of airblast sprayers.

**Key words:** sprayer, flow, fan, filtration, aerosol, model, vineyard, border conditions.