

А. Н. Юрин¹, А. Н. Юрина²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: anton-jurin@rambler.ru

²РУП «БелГИМ»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: info@belgim.by

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ САДОВОГО ТУННЕЛЬНОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ

Аннотация. В данной статье приведено обоснование рациональных конструктивных параметров садового туннельного опрыскивателя.

Ключевые слова: туннельное устройство, садовый опрыскиватель, диффузор, воздушный поток, вентилятор.

A. N. Yurin¹, A. N. Yurina²

¹RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: anton-jurin@rambler.ru

²RUE "BelGIM"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: info@belgim.by

DETERMINATION OF RATIONAL DESIGN PARAMETERS OF A GARDEN TUNNEL SPRAYER

Abstract. This article presents the rationale for the design and technological scheme of a tunnel sprayer and its main parameters.

Keywords: tunnel device, garden sprayer, diffuser, airflow, fan.

Введение

Одной из важнейших проблем садоводства Беларуси является борьба с вредителями и болезнями.

В настоящее время для обработки садов рабочими растворами ядохимикатов применяются вентиляторные опрыскиватели как отечественного, так и импортного производства. Однако такие опрыскиватели имеют много недостатков.

Вредное воздействие ветра на объем и проникновение жидкости для опрыскивания вентиляторного типа является общеизвестной помехой в технологии химической защиты садов.

Итогом функционирования таких опрыскивателей является то, что потери рабочего раствора на почву и в атмосферу достигают от 90 до 30 % в зависимости от периода обработки, что существенно увеличивает затраты на возделывание культур и вредное воздействие на окружающую среду.

Устранить вышеуказанные недостатки существующей технологии химической обработки садов интенсивного типа можно, создав и внедрив в производство туннельные опрыскиватели.

При использовании таких опрыскивателей обработка растений осуществляется в закрытой камере. На растениях остается то количество рабочего раствора, которое может удержать листостебельный аппарат растения и его плоды. Капли рабочего раствора, не осевшие на растениях, улавливаются специальными устройствами и возвращаются обратно в основной бак опрыскива-

теля. В результате зараженность листьев и плодов растений вредителями снижается примерно с 50 до 1–2 %. Степень загрязнения окружающей среды пестицидами уменьшается на 50–85 % по сравнению с традиционными способами обработки.

За рубежом производство подобных опрыскивателей освоено такими компаниями, как Munckhoff (Голландия), Lirco (Германия), Weremczuck (Польша) и другими.

В нашей стране в настоящее время камерные (туннельные) опрыскиватели не производятся. Кроме того, не проведены исследования по обоснованию их рациональных конструктивных параметров. В этой связи, обоснование рациональных параметров туннельного опрыскивателя является актуальной инженерной и научной задачей.

Обоснование функциональной схемы туннельного опрыскивателя

Как уже указывалось выше, при использовании туннельных опрыскивателей обработка растений осуществляется в закрытой камере, вследствие чего на растениях остается то количество рабочего раствора, которое может удержать листостебельный аппарат насаждения. Рабочий раствор, проходя сквозь ряд насаждений, осаждается на их ветвях и листьях (рисунок 1). При этом часть раствора, не осевшая на кронах, попадает в противоположный шатер туннельного опрыскивателя, скапливается на стенках конденсаторов, стекает и после фильтрации попадает обратно в бак.

Для обеспечения качественной обработки насаждений различной плотности необходимо создать достаточный воздушный поток, способный обеспечить транспортирование рабочего раствора пестицида в плотную крону многолетнего дерева на поздней стадии вегетации. При этом для большей экономии рабочего раствора, не осевшего на ветви и листья обрабатываемых деревьев, необходимо обеспечить наиболее полное улавливание потока «окном» противоположного шатра.

Для проведения поисковых исследований рациональной конструкции туннельного опрыскивателя были предложены следующие функциональные схемы: со встречным движением воздушных потоков (рисунок 2, а); с круговым движением воздушного потока и поперечно расположенными вентиляторами (рисунок 2, б); с круговым движением воздушного потока и продольно расположенными вентиляторами (рисунок 2, в); с круговым движением воздушного потока с диффузором типа «Улитка» (рисунок 2, г).

Экспериментальные исследования приведенных функциональных схем показали, что наиболее перспективной представляется схема с круговым движением воздушного потока с диффузором типа «Улитка» (рисунок 3, г), так как она обеспечивает повышение скорости воздушного

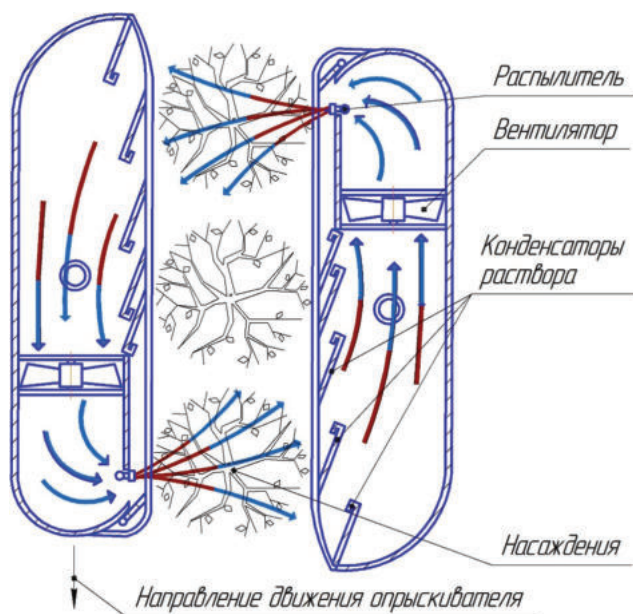


Рисунок 1 – Схема работы туннельного опрыскивателя

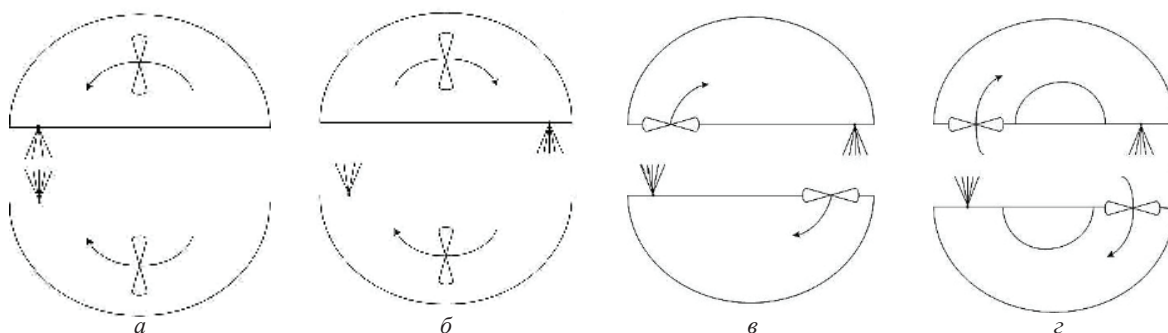


Рисунок 2 – Функциональные схемы туннельного опрыскивателя: *а* – со встречным движением потоков; *б* – с круговым движением потоков и поперечно расположенными вентиляторами; *в* – с круговым движением потоков и продольно расположенными вентиляторами; *г* – с диффузором типа «Улитка»

потока на 25–70 % по сравнению с остальными схемами, что позволит повысить энергетическую отдачу вентиляторов. Кроме того, в приведенной схеме ниже неравномерность распределения скорости воздушного потока по ширине и высоте устройства (на 35–50 % и 42–61 % соответственно по сравнению с другими схемами устройства), что обеспечивает более равномерную обработку насаждений.

Макетный образец туннельного опрыскивателя

Для определения рациональных параметров туннельного опрыскивателя, а также для уточнения результатов теоретических исследований в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» был создан макетный образец туннельного опрыскивателя (рисунок 3), который состоит из рамы 1 двух шатров 2, установленных друг напротив друга и образующих портал, внутри которого происходит обработка. Каждый шатер оборудован вентилятором 3 и блоком распылителей 6. Рабочий раствор пестицида насосом 4 из бака 5 подается к распылителям. Распыленный раствор транспортируется в ряд насаждений воздушным потоком, создаваемым вентиляторами.

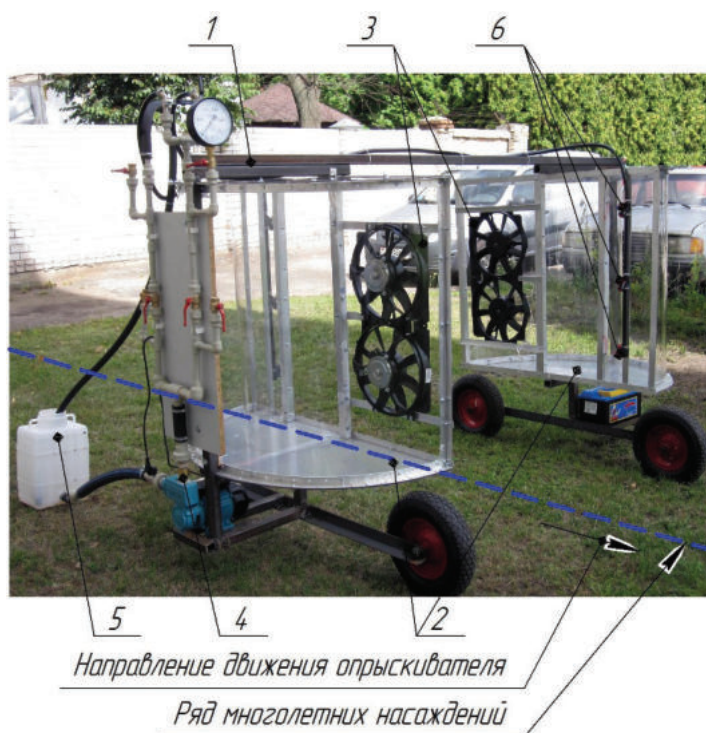


Рисунок 3 – Макетный образец туннельного опрыскивателя:
1 – рама; 2 – шатер; 3 – вентилятор; 4 – насос; 5 – бак; 6 – распылители

В верхней части рамы установлен кронштейн, позволяющий регулировать ширину туннеля в диапазоне от 700 до 1 200 мм.

Таблица 1 – Краткая техническая характеристика макетного образца туннельного опрыскивателя

Наименование показателя	Значение показателя
Привод	электрический
Рабочая ширина захвата на культурах, м	0,7–1,2
Основная ширина междурядий, м	более 3,0
Потребляемая мощность, кВт	0,75
Рабочая скорость, км/ч	2–7
Габариты опрыскивателя, мм:	
– длина	1 650
– ширина	2 600
– высота	1 580
Насос:	
– потребляемая мощность, кВт	0,75
– максимальное рабочее давление, МПа	78
– производительность, л/мин	48
Вентилятор (воздушный нагнетатель):	
– число вентиляторов, шт.	2
– частота вращения рабочего колеса, об/мин	3 200
– потребляемая мощность, кВт	0,3×2
Распылители:	
– тип и форма сопла	конусное
– количество, шт.	6
– пределы регулировки угла установки к горизонту, град.	0–30
– расход жидкости, дм ³ /мин	4–20

Условия проведения экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились в помещении с нормальными климатическими условиями:

- температура воздуха $+25 \pm 10$ °С;
- относительная влажность воздуха 45–80 %;
- атмосферное давление 630–800 мм рт. ст.

Для проведения испытаний были изготовлены макеты плодовых деревьев (рисунок 4), которые представляют собой укрепленные вертикально деревянные бруски (стволы) размером 40×40 мм, высотой 1 500 мм и горизонтальные крестообразные кронштейны (ветви), выполненные из тех же брусков.



Рисунок 4 – Макет плодового дерева

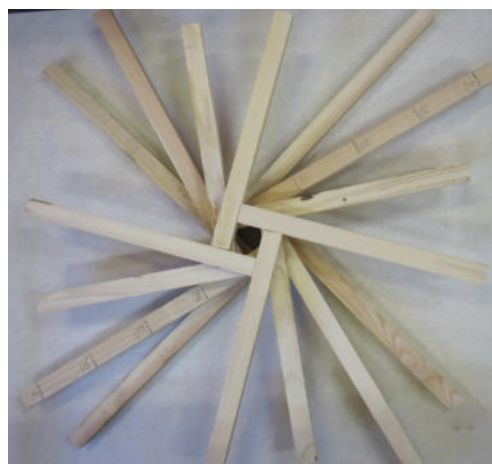


Рисунок 5 – Макеты веток плодового дерева

Ветви деревьев имитировали крестовины, выполненные из деревянных брусков сечением 28×28 мм (рисунок 5). При этом размах крестовин-веток составлял от 600 мм до 1 000 мм. Имитаторы ветвей имели возможность перемещения по высоте по вертикально закрепленным брускам-стволам.

К макетам веток крепились бумажные бирки – листья.

Методика проведения экспериментальных исследований

В качестве исходного материала при лабораторных исследованиях опрыскивателей применялась чистая или подкрашенная инертным красителем (нигрозином) вода. Температуру жидкости измеряли термометром непосредственно перед проведением опытов. Измерения проводились с погрешностью $\pm 1^\circ\text{C}$.

Фактический расход жидкости через распылители определяли на чистой воде.

Жидкость, вытекающую из одиночных наконечников, собирали в течение 1–2 мин в сосуды (емкости) и измеряли ее объем с погрешностью не более 1 % в трехкратной повторности.

При обработке данных лабораторных экспериментальных исследований вычислялось среднее арифметическое значение расхода жидкости отдельными распылителями, $\text{дм}^3/\text{мин}$, по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (1)$$

где Q_i – расход жидкости распылителем, $\text{дм}^3/\text{мин}$; n – число распылителей, шт.

Стандартное отклонение расхода жидкости между отдельными распылителями, $\text{дм}^3/\text{мин}$, вычислялось по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n - 1}}. \quad (2)$$

Неравномерность расхода жидкости между отдельными распылителями выражалась коэффициентом вариации, %, и вычислялась по формуле:

$$v = 10^2 \frac{\sigma}{\bar{Q}}. \quad (3)$$

Фактическую подачу жидкости насосом опрыскивателя определяли в трехкратной повторности при оптимальной частоте вращения приводного вала, в пятикратной повторности при значениях давления в нагнетательной магистрали от нулевого до максимального рабочего давления. Для этого к нагнетательному патрубку насоса подсоединяли рукав высокого давления с манометром и краном. Жидкость, вытекающую из нагнетательных трубопроводов и редукционного устройства, собирали в емкость, вместимость которой была предварительно измерена. Время опыта фиксировали секундомером с погрешностью ± 1 с.

Метеорологические условия (температуру и относительную влажность воздуха, скорость ветра и направление ветра по отношению к движению машины) определяли по ГОСТ 20915.

Рельеф и микрорельеф поля, влажность и твердость почвы определяли по ГОСТ 20915.

Рабочую скорость движения определяли на учетном проходе длиной не менее 50 м в трехкратной повторности.

Продолжительность опыта измеряли секундомером с погрешностью ± 1 с, длину учетного прохода измеряли рулеткой с погрешностью ± 1 см.

Рабочую скорость, $\text{км}/\text{ч}$, вычисляли по формуле:

$$v_p = 3,6 \frac{L}{t}, \quad (4)$$

где L – длина учетного прохода, м; t – продолжительность опыта, с.

Вычисления проводили с округлением до первого десятичного знака.

Таким образом, для обеспечения наиболее качественной обработки необходимо создать воздушный поток высокой скорости и объема путем проникновения рабочего раствора через крону. Иными словами, скорость воздушного потока должна быть избыточна для обработки самых плотных насаждений.

В то же время при обработке менее плотных насаждений будут происходить потери рабочего раствора за счет увода части рабочего раствора за пределы приемного «окна» с вентиляторами противоположной полуцилиндрической части шатра.

Очевидно, что для обеспечения максимальной экономии распыленного рабочего раствора, необходимо сформировать воздушный поток таким образом, чтобы обеспечить его максимально возможное попадание в приемное «окно» противостоящего шатра.

В целях определения параметров скоростного потока на выходе с туннельного устройства были проведены замеры скорости воздушного потока на выходе с туннельного опрыскивателя по высоте и по ширине на расстоянии 500 и 1 000 мм от вентилятора.

Для этого по центру диффузора ставился макет фруктового дерева и производились замеры скорости воздушного потока на имитаторах-ветках при различном удалении от ствола. Кроме этого, замеры скоростного потока производились на различных высотах имитаторов веток плодовых деревьев.

Замеры параметров скоростного потока, создаваемого вентиляторами макета туннельного опрыскивателя, производились анемометром Testo 452.

Замеры параметров воздушного потока с диффузором типа «Улитка» приведены в таблице 2.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшие скорости воздушного потока смещаются от ствола к наружному краю туннельного опрыскивателя на высотах ствола макета плодового дерева от 600 до 1 280 мм.

Для того чтобы воздушный скоростной поток от одной половины туннельного опрыскивателя не только точно попадал в центральную часть всасывающих вентиляторов противоположного полуцилиндра шатрового опрыскивателя, но и обеспечивал максимальную скорость был изготовлен и смонтирован дефлектор с изменяемым углом поворота (рисунок 7).

Таблица 2 – Скорость воздушного потока с диффузором типа «Улитка»

Высота, м	Расстояние от оси распыления, мм								
	-400	-300	-200	-100	0	100	200	300	400
370	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
600	0	0	1	4	8,8	9,2	9,6	3,8	0
940	1	1,6	3	4,8	8	8,8	8,8	4,2	1,6
1 280	0	0	0	5,2	6	6,2	6,6	2	0
1 500	0	0	0	0	0	0	0	0	0

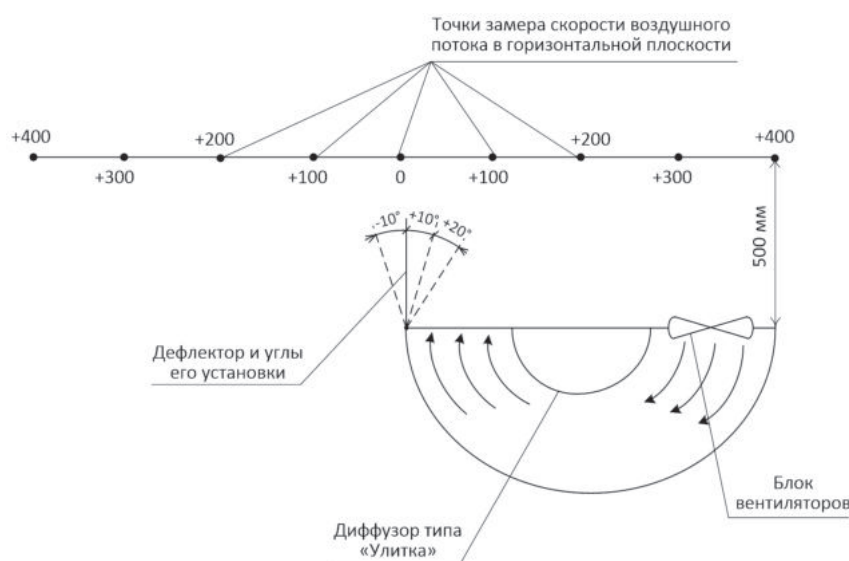


Рисунок 7 – Определение скорости воздушного потока при различных углах установки дефлектора

Экспериментальные исследования определения параметров скоростного потока при различных углах установки дефлектора проводились в такой последовательности. Сначала устанавливали макет дерева. Затем осуществляли замер скорости воздушного потока на высотах 370, 600, 940, 1 280 и 1 500 мм от поверхности земли на расстоянии 500 мм от края распылителей.

Привод вентиляторов осуществлялся от АКБ (12 V, 100 А).

Частота вращения вентиляторов составляла 2 500–2 800 об/мин.

Замеры параметров скоростного потока, создаваемого вентиляторами макета туннельного опрыскивателя, производились анемометром Testo 452.

Скорость всасывания вентиляторами определялась при различных углах установки дефлектора к плоскости, перпендикулярной направлению движения туннельного устройства и распылителей к горизонту.

Анализ полученных результатов показал, что для создания максимального скоростного потока необходимо устанавливать дефлектор под углом 20 градусов к вертикали.

Результаты исследования потерь рабочего раствора в туннельном устройстве шатрового опрыскивателя с диффузором типа «Улитка»

Экспериментальные исследования по определению потерь рабочего раствора через распылители туннельного устройства шатрового опрыскивателя проводились в следующей последовательности.

1. Фактические потери рабочего раствора определяли при частичном опорожнении емкости методом долива до начального уровня измеренного количества раствора.

2. В форсунках, установленных в туннельном устройстве, применяли конические ($2\gamma = 80^\circ$) распылители.

3. Привод вентиляторов осуществлялся от АКБ (12 V, 100 А).

4. Частота вращения вентиляторов составляла 2 500–2 800 об/мин.

5. Определяли потери рабочего раствора, изменяя угол установки дефлектора в диапазоне от -10° до 30° с интервалом 5° , при угле установки форсунок к горизонту $+5^\circ$.

6. Определяли потери рабочего раствора, изменяя угол установки нижней форсунки к горизонту в диапазоне от -10° до 30° с интервалом 5° .

Замеры потерь рабочего раствора и графики зависимости потерь рабочего раствора от угла установки дефлектора и форсунки приведены на рисунках 8–13.

Анализ полученных результатов показал, что максимальные потери рабочего раствора происходят:

- при установке дефлектора под углом $+10^\circ$ градусов к вертикали;
- при установке нижней форсунки под углом $+10^\circ$ градусов к горизонту.

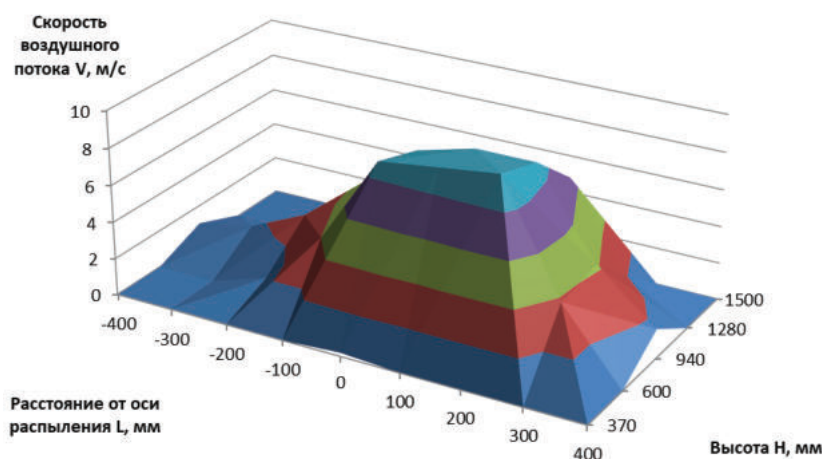


Рисунок 8 – График зависимости скорости воздушного потока от расстояния от оси распыления и высоты замера в камере с диффузором типа «Улитка» без дефлектора

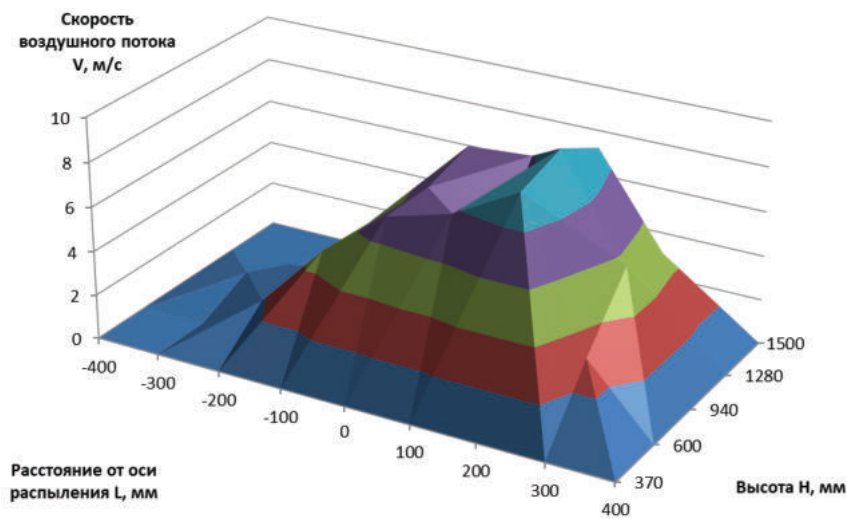


Рисунок 9 – График зависимости скорости воздушного потока от расстояния от оси распыления и высоты замера в камере с диффузором типа «Улитка» и дефлектором, установленным под углом -10°

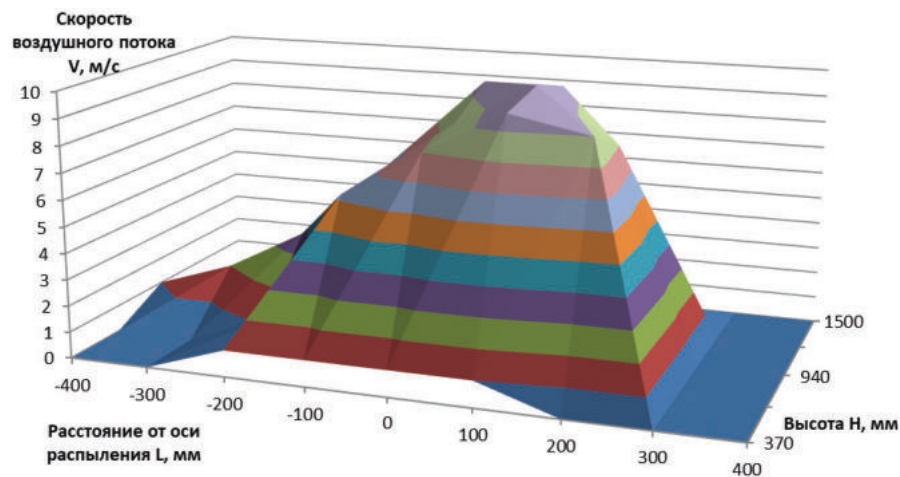


Рисунок 10 – График зависимости скорости воздушного потока от расстояния от оси распыления и высоты замера в камере с диффузором типа «Улитка» и дефлектором, установленным под углом 0°

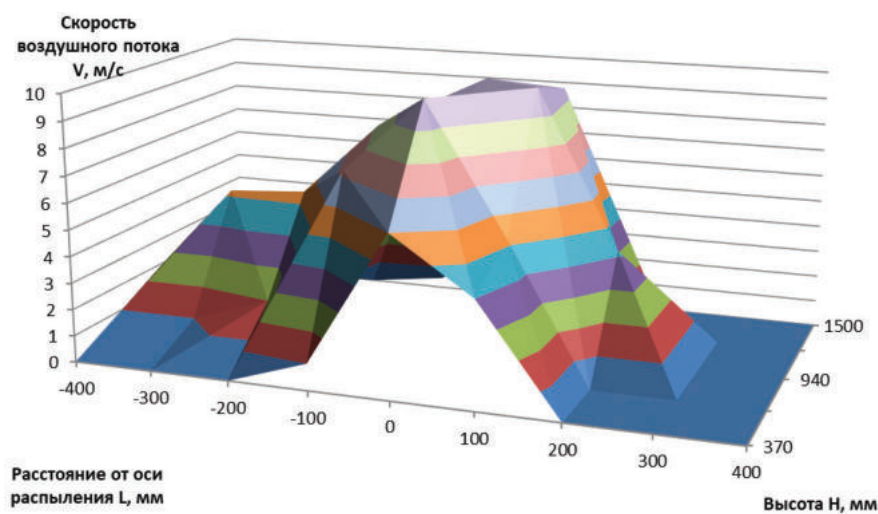


Рисунок 11 – График зависимости скорости воздушного потока от расстояния от оси распыления и высоты замера в камере с диффузором типа «Улитка» и дефлектором, установленным под углом $+10^\circ$

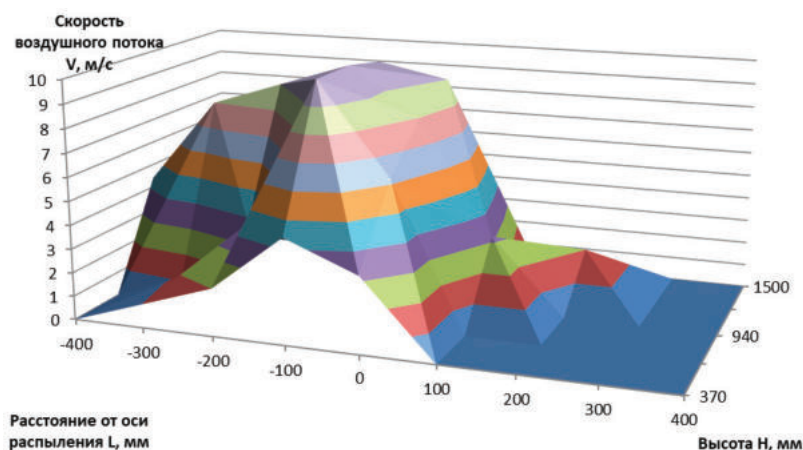


Рисунок 12 – График зависимости скорости воздушного потока от расстояния от оси распыления и высоты замера в камере с диффузором типа «Улитка» и дефлектором, установленным под углом $+20^\circ$

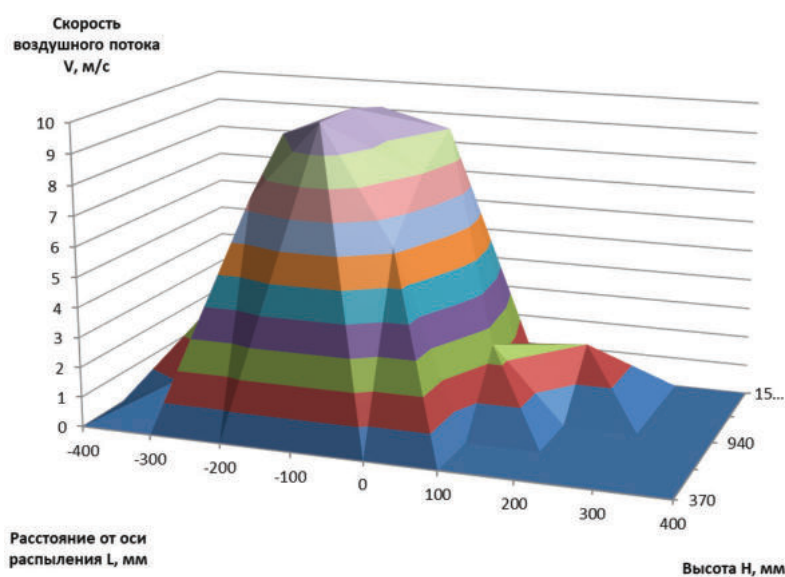


Рисунок 13 – График зависимости скорости воздушного потока от расстояния от оси распыления и высоты замера в камере с диффузором типа «Улитка» и дефлектором, установленным под углом $+30^\circ$

Таблица 3 – Потери рабочего раствора при изменении угла установки дефлектора к вертикали

Угол установки дефлектора, $^\circ$	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Потери рабочего раствора, %	50	40	33	25	18	16	16	20	27

Графическая интерпретация зависимости потерь воздушного потока от угла установки дефлектора приведена на рисунке 14.

Как видно из рисунка наименьшие потери потока наблюдаются при угле установки дефлектора $15\text{--}20^\circ$.

Таблица 4 – Потери рабочего раствора при изменении угла установки нижней форсунки к горизонту

Угол установки форсунки, $^\circ$	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Потери рабочего раствора, %	60	43	28	21	22	24	28	32	37

Графическая интерпретация зависимости рабочего раствора при изменении угла установки нижней форсунки к горизонту приведена на рисунке 15.

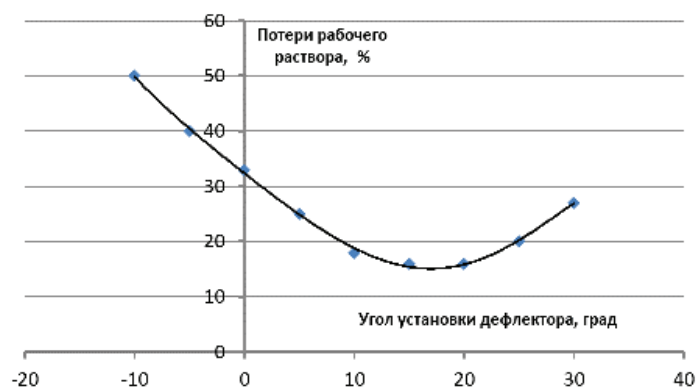


Рисунок 14 – Зависимость потерь рабочего раствора от угла установки дефлектора при угле установки форсунок к горизонту +5°

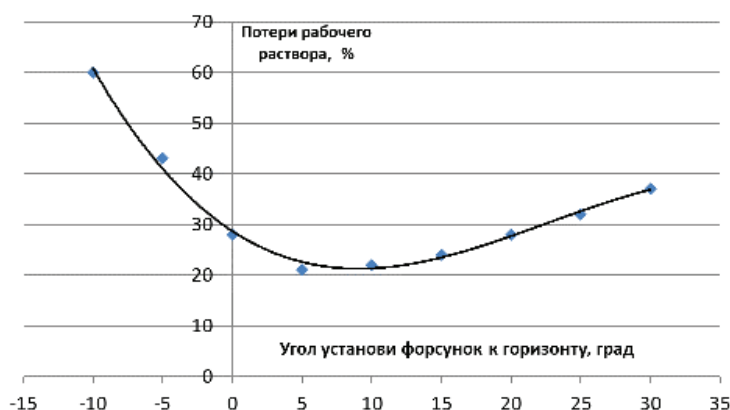


Рисунок 15 – Зависимость потерь рабочего раствора от угла установки нижней форсунки к горизонту

Заключение

Рациональной конструктивно-технологической схемой туннельного устройства шатрового опрыскивателя является схема с круговым движением воздушного потока с диффузором типа «Улитка» и дефлектором, установленным под углом 20° к вертикали (рисунки 8, 10).

Обоснованы тип и углы установки форсунок к направлению движения устройства (90°) и к горизонтали (5–10°), наименее допустимое расстояние от нижней и верхней горизонтальной плоскостей шатра до форсунок.

Экспериментально определены наименьшая потребная скорость движения воздушного потока при обработке садов, ягодников и виноградников, а также линейная зависимость между параметрами ширины тоннеля, высоты и длины шатра.

Список использованных источников

1. Мержаниан, А. С. Виноградарство / А. С. Мержаниан. – 3-е изд. – М. : Колос, 1967. – 464 с.
2. Виноградарство Крыма / А. П. Дикань, В. Ф. Вильчинский, Э. А. Верновский, И. Я. Заяц. – Симферополь : Бизнес-Информ, 2001. – 408 с.
3. Догода, А. П. Состояние и перспективы развития машин для безопасной технологии химической защиты многолетних насаждений / Наукові праці Південного філіалу Національного Університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Технічні науки. – Симферополь, 2009. – Вип. 122. – С. 121–126.
4. Энциклопедия виноградарства : в 3 т. ; под ред. А. И. Тимуш. – Кишинев : Гл. ред. Молдавской сов. энциклопедии, 1987. – 552 с. – 3 т.
5. Национальный стандарт Украины «Машины для обработки виноградников агрохимикатами в закрытой камере (туннельного типа)».
6. Козарь, И. М. Справочник по защите винограда от болезней, вредителей и сорняков / И. М. Козарь. – Киев : Урожай, 1990. – 205 с.