

УДК 656.1

UDC 656.1

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА ГОРЯЧЕГО ТУМАНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЗИНФЕКЦИИ ФУРГОНОВ**

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PARAMETERS AND MODES OF OPERATION OF THE GENERATOR OF HOT MIST ON VANS DISINFECTION EFFICIENCY**

Мельников Владимир Сергеевич  
аспирант  
РИНЦ SPIN-код=6272-9959

Melnikov Vladimir Sergeevich  
postgraduate student  
RSCI SPIN-code=6272-9959

Горячкина Ирина Николаевна  
к.т.н.  
РИНЦ SPIN-код= 1177-2057

Goryachkina Irina Nikolaevna  
cand.tech.sci.  
RSCI SPIN-code= 1177-2057

Костенко Михаил Юрьевич  
д.т.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код= 2352-0690

Kostenko Mikhail Yurievich  
dr.sci.tech., associate professor  
RSCI SPIN-code= 2352-0690

Голиков Алексей Анатольевич  
к.т.н.  
РИНЦ SPIN-код=8540-7098  
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия*

Golikov Alexey Anatolevich  
cand.tech.sci.  
RSCI SPIN-code=8540-7098  
*Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia*

Костенко Наталья Алексеевна  
к.т.н.  
РИНЦ SPIN-код= 5579-3034  
*Рязанский филиал Московского государственного университета путей сообщения, Рязань, Россия*

Kostenko Natalia Alekseevna  
cand.tech.sci.  
RSCI SPIN-code= 5579-3034  
*Ryazan branch of the Moscow State University of Railway Engineering, Ryazan, Russia*

Кузина Наталья Андреевна  
врач-бактериолог  
*Центр гигиены и эпидемиологии в Рязанской области, Рязань, Россия*

Kuzina Natalia Andreevna  
doctor-bacteriologist  
*Center for hygiene and epidemiology in the Ryazan region, Ryazan, Russia*

Эффективность дезинфекции фургонов зависит от применяемых дезинфицирующих материалов, времени их действия и технологических параметров установки для нанесения дезинфицирующих растворов. Генераторы горячего тумана обеспечивают равномерное распределение частиц дезинфицирующего раствора внутри фургонов для перевозки сельскохозяйственной продукции. Исследованы параметры генератора горячего тумана, влияющие на качество дезинфекции. Испытания проводились на фургонах автомобилей, используемых для перевозки с/х продукции. Для исследований использовались фургоны, находящиеся в эксплуатации, которые перевозили с/х животных (свиней) и проходили дезинфицирующую обработку. Забор проб для исследования на обсемененность осуществляли методом смывов, для этого использовали заранее подготовленные тампоны. Факторный эксперимент планировался по схеме  $3^2$ , при этом в результате однофакторных экспериментов значимыми факторами установлены: температура аэрозоля

The effectiveness of disinfection depends on used disinfecting materials for vans, their actions and technological parameters of the installation for applying disinfectants. Hot mist generators provide uniform distribution of particles of disinfectant solution inside the van for transportation of agricultural products. The parameters of the generator of hot mist affecting the quality of disinfection were investigated. Tests were conducted for the vans used to transport agricultural products. For studies we used the vans in operation, which transport farm animals (pigs) and had been disinfected before. Sampling for the research on contamination was performed with pre-prepared swabs. Factorial experiment was planned with using scheme #32, and as a result of significant factors in the univariate experiments we set a temperature of the aerosol disinfectant solution and the duration of surface treatment. As an optimization function we have chosen disinfection efficiency of bodies of vehicles carrying agricultural products. Comparing the results of the experiments on different groups of microorganisms we have found

дезинфицирующего раствора, время обработки поверхностей. В качестве функции оптимизации была выбрана эффективность обеззараживания кузовов транспортных средств, перевозящих сельскохозяйственную продукцию. Сопоставив результаты экспериментов по различным группам микроорганизмов установлено, что оптимальными режимами генератора горячего тумана с диспергирующим устройством будут: время обработки 1 м<sup>2</sup> - 8,5 с при температуре обработки – 65° С

Ключевые слова: ГЕНЕРАТОР, ДЕЗИНФЕКЦИЯ, АЭРОЗОЛЬ, ФУРГОН, МИКРОФЛОРА, ЗАБОР ПРОБ, ТЕМПЕРАТУРА, ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ, СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

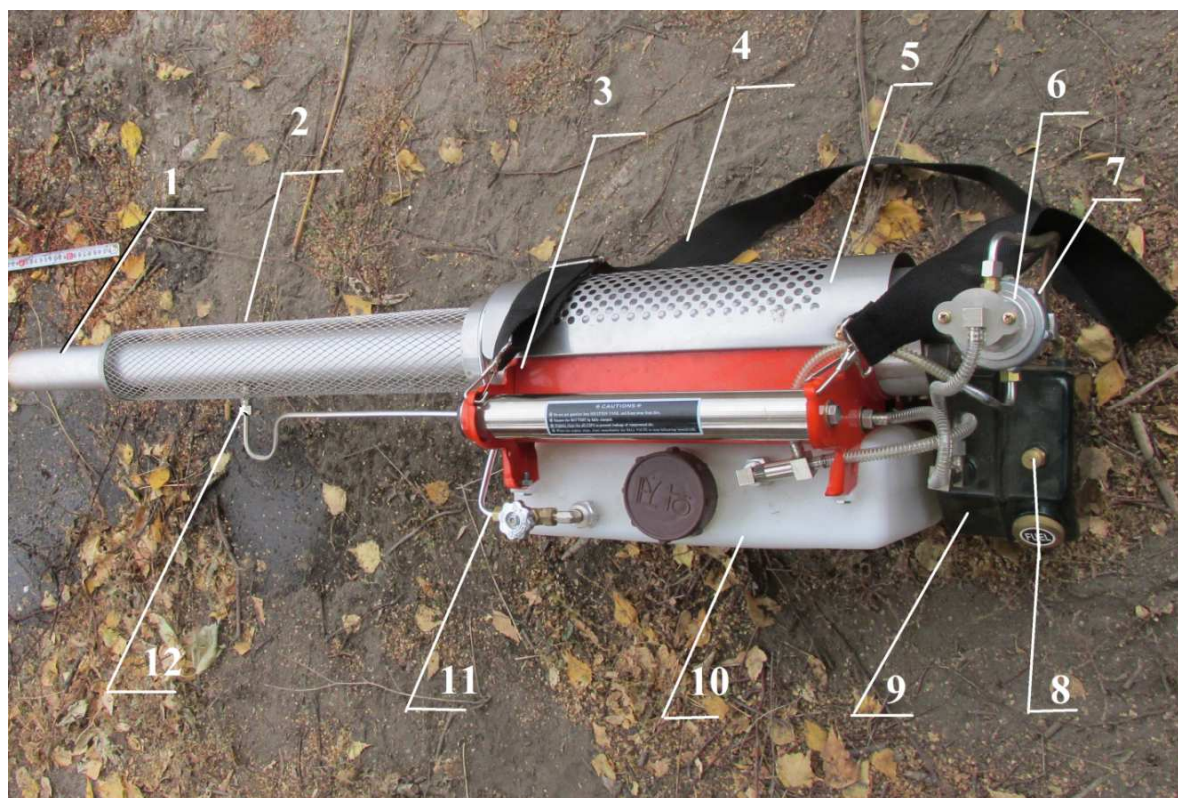
that the optimal mode of hot mist generator with a dispersing device are: the processing time of 1 m<sup>2</sup> - 8.5 at the processing temperature - 65° С

Keywords: GENERATOR, DISINFECTION, AEROSOL, VAN, MICROFLORA, SAMPLING, TEMPERATURE, TREATMENT TIME, STATISTICAL PROCESSING

Эффективность дезинфекции фургонов зависит от устойчивости микроорганизмов, обсемененности, наличия органических веществ, климатических факторов окружающей среды, а также от применяемых дезинфицирующих материалов, времени их действия и технологических параметров установки для нанесения дезинфицирующих растворов [1, 10]. Генераторы горячего тумана обеспечивают равномерное распределение частиц дезинфицирующего раствора внутри фургонов для перевозки сельскохозяйственной продукции [6, 7, 9]. С целью исследования параметров генератора горячего тумана влияющих на качество дезинфекции и необходимых концентраций дезинфицирующего раствора, были проведены экспериментальные исследования.

Лабораторно-производственные исследования проводились на базе предприятия ООО «Агротехстрой» г. Рязани с использованием генератора горячего тумана, общий вид которого представлен на рисунке 1.

Для исследования влияния параметров генератора горячего тумана на санитарно-показательную и патогенную микрофлору были задействованы три машины ЗИЛ, перевозящие сельскохозяйственную продукцию, с кузовами различного объёма (11 м<sup>3</sup>; 9,25 м<sup>3</sup>; 20,6 м<sup>3</sup>).



1 – внутренняя труба охлаждения; 2 – защитная сетка; 3 – металлическая рама;  
 4 – плечевой ремень; 5 – крышка корпуса; 6 – выпускное отверстие; 7 – насос;  
 8 – воздушный клапан; 9 – топливный резервуар; 10 – резервуар для  
 дезинфицирующего раствора; 11 – шаровой клапан; 12 – диспергирующее устройство.

Рисунок 1 – Общий вид генератора горячего тумана GreenFog BF-130 с диспергирующим устройством

Для оценки обработки внутренних поверхностей кузовов транспортных средств сначала брали смывы стерильными ватно-марлевыми тампонами с необработанной поверхности. Затем осуществляли обработку дезинфицирующим аэрозолем с концентрацией раствора гумата 100 мл/л с помощью генератора горячего тумана. Температуру аэрозоля регулировали путём изменения подач раствора и топлива в генераторе, делая её 60<sup>0</sup>, 65<sup>0</sup> и 70<sup>0</sup> С. Внутренние поверхности кузовов обрабатывали однократно на расстоянии 0,5 м. Время обработки определяли из расчета 5 сек/м<sup>2</sup>, 7 сек/м<sup>2</sup> и 10 сек/м<sup>2</sup> площади стенок кузова.

Тем самым изменяли количество подаваемого дезинфицирующего раствора гумата на обрабатываемую поверхность [1, 6, 7, 8, 9].

Для оценки обработки брали смывы стерильными ватно-марлевыми тампонами с обрабатываемых поверхностей площадью не менее 100 см<sup>2</sup> через 15 минут после применения дезинфицирующего аэрозоля по следующей методике. Для получения достоверных результатов, взятие проб производили по диагонали исследуемых поверхностей кузова фургона, не менее чем в пяти точках, с помощью стерильного материала, который затем помещался в пробирки с пробкой и соответствующим образом нумеровался [2, 3, 4]. Пробы брали на трёх автомобилях. На рисунке 2 представлен момент взятия смывов с фургона.

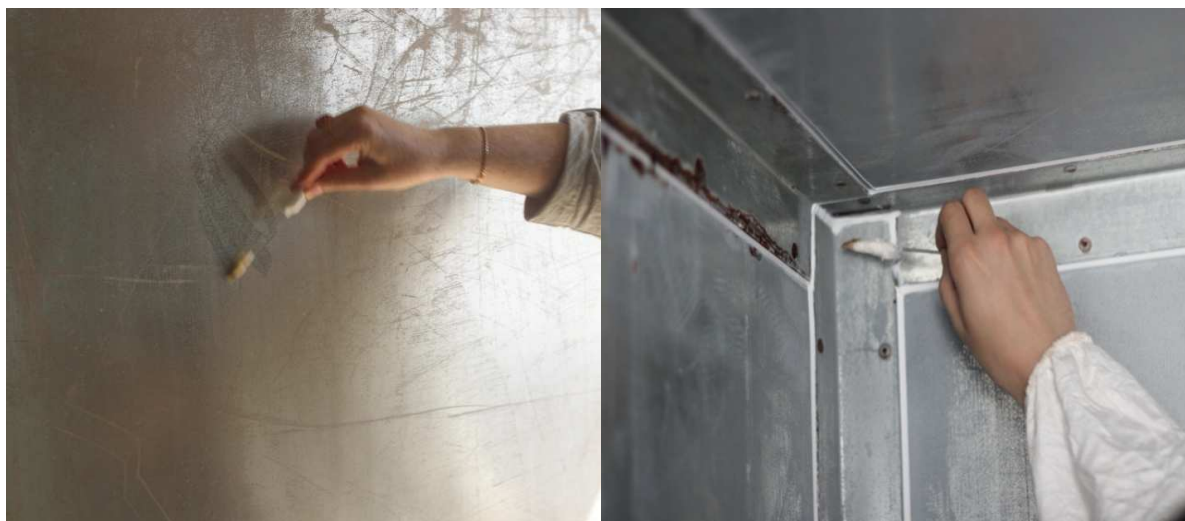


Рисунок 2 – Взятие смывов с обработанных поверхностей

Забор проб для исследования на обсемененность осуществляли методом смывов. Для этого использовали заранее подготовленные тампоны, которые представляют собой куски алюминиевой проволоки размером 140 мм и диаметром 3мм, со стерильной ватой на концах. Для достоверности результатов тампоны и пробирки подвергали предварительной стерилизации в сухожаровом шкафу. Перед

стерилизацией пробирки мыли, сушили и закрывали ватно-марлевыми пробками. Тампоны и пробирки, завернутыми в бумагу, стерилизовали сухим жаром при температуре 180 °С 30 мин. Затем с соблюдением правил асептики в пробирки разливали по 5 см<sup>3</sup> стерильного физиологического раствора и закрывали стерильными тампонами. Перед взятием смыва тампон погружали в физиологический раствор пробирки, затем проводили им по исследуемым поверхностям площадью не менее 100 см<sup>2</sup>. После взятия смыва пробку с тампоном вновь вставляли в пробирку так, чтобы тампон полностью погрузился в раствор [2, 3, 4, 8, 11, 12].

Пробы в течение 2-х часов от момента их взятия были отправлены на микробиологическое исследование с целью установления видов микроорганизмов и загрязненности ими рабочих поверхностей фургонов.

Так как пробы, содержащие микроорганизмы, очень редко содержат такое их количество, которое можно учесть, то для получения достоверных результатов прибегали к разведению образца. Разведение проб осуществлялось в 10-кратных последовательностях с тем, что бы на поверхность среды в чашке Петри попало 15 – 300 клеток, образующих колонии. Образцы с нужной плотностью микроорганизмов высевались на питательные среды, в нашем случае питательный агар – для определения МАФАНМ, среда Эндо – для кишечных бактерий, среда МИС – для энтерококков, среда ЖСА – для стафилококков, среда ПАЛ – для листерий, среда Никодемус – для *V. cereus*, среда Вильсон-Блера – для клостридий, висмут сульфитный агар – для сальмонелл, среда Сабуро для обнаружения дрожжей и плесневых грибов.[2, 3, 4, 12]

Факторный эксперимент планировался по схеме 3<sup>2</sup>, при этом в результате однофакторных экспериментов значимыми факторами установлены: температура аэрозоля дезинфицирующего раствора, время

обработки поверхностей (табл. 1).

В качестве функции оптимизации выбрана эффективность обеззараживания кузовов транспортных средств, перевозящих сельскохозяйственную продукцию. Результат дезинфицирующей обработки оценивали по таким микробиологическим показателям как КМАФАнМ, БГКП, наличие/отсутствие энтерококков, стафилококков, в том числе *St.aureus*, спорообразующих, в том числе *B.cereus* и *Cl.perfringens*, дрожжей, плесневых грибов, сальмонелл, листерий. Наличие санитарно-показательной и патогенной микрофлоры будем выражать в КОЕ (единицах микроорганизмов, образующих колонии) в одной пробе в четырех градациях от 0 (колонии не образуются) до +++ (более трехсот колоний) [2, 3, 4, 11, 12].

Таблица 1- Уровни и факторы варьирования эксперимента

Фактор	Обозначение	Единицы измерения	Уровни варьирования Факторов		
			Кодированное обозначение		
			Верхний	Нулевой	Нижний
			-1	0	+1
1. Температура аэрозоля дезинфицирующего раствора	X <sub>1</sub>	°C	60	65	70
2. Время обработки поверхностей	X <sub>2</sub>	с/м <sup>2</sup>	5	7	10

Предложенная методика позволит установить параметры и режимы обеззараживающей обработки, температуру аэрозоля, время обработки, а так же установить необходимый расход дезинфицирующего раствора.

При эксплуатации генератора горячего тумана необходимо

руководствоваться правилами техники безопасности:

- работа должна осуществляться с использованием СИЗ (спецодежды, перчаток, маски, наушников);
- все регулировочные и ремонтные работы нужно выполнять после отключения генератора;
- не заливать топливо и рабочие растворы во время работы устройства, либо когда генератор горячий;
- не включать устройство при извлеченном электроде. Опасно для жизни!
- В случае возникновения нехарактерных признаков: искр, возгорания, повышенного шума необходимо отключить генератор и принять меры для ликвидации пожароопасной ситуации. [6, 9]

Исследования проводились в ООО «Агротехстрой», температура окружающей среды на момент испытаний составляла **29 °С**. Для исследований использовались фургоны, находящиеся в эксплуатации, которые перевозили с/х животных (свиней) и проходили дезинфицирующую обработку. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты влияния параметров и режимов работы генератора горячего тумана на эффективность дезинфекции фургонов

Время обработки, с/м <sup>2</sup>	Температура обработки, °С	Клостридии		Энтерококки		БГКП		Плесневые грибы	
		До обработки	После обработки	До обработки, КОЕ	После обработки, КОЕ	До обработки, КОЕ	После обработки, КОЕ	До обработки, КОЕ	После обработки, КОЕ
60	5	+	-	Более 300	0	Сплошной рост	0	1	0
60	7	+	-	Более 300	0	Сплошной рост	0	-	-
60	10	+	+	17	12	Сплошной рост	8	-	-
65	5	+	-	Более 300	100	Сплошной рост	20	-	-
65	7	+	-	Более 300	2	Сплошной рост	7	-	-
65	10	-	-	24	2	Сплошной рост	4	-	-
70	5	+	+	Более 300	40	Сплошной рост	26	-	-
70	7	-	-	2	0	-	-	-	-
70	10	+	+	90	13	Сплошной рост	11	-	-



В результате исследований зараженности поверхностей после обработки энтерококками нами было получено уравнение регрессии:

$$v_3 = -4099,8596 + 130,549 \cdot v_1 - 38,34004 \cdot v_2 - 0,9533 \cdot v_1^2 - 0,7158 \cdot v_1 \cdot v_2 + 5,1556 \cdot v_2^2 \quad (1)$$

где  $v_1$  – температура аэрозоля, град;

$v_2$  – время обработки 1 м<sup>2</sup> поверхности, с;

Коэффициент детерминации данной модели составляет 0,782, коэффициент корреляции 0,884. Анализ значимости факторов по уровню p-level показал, что оба фактора являются значимыми. На основе анализа уравнения (1) построены графики количества колоний энтерококков в зависимости от температуры аэрозоля и времени обработки рисунки 3 и 4.

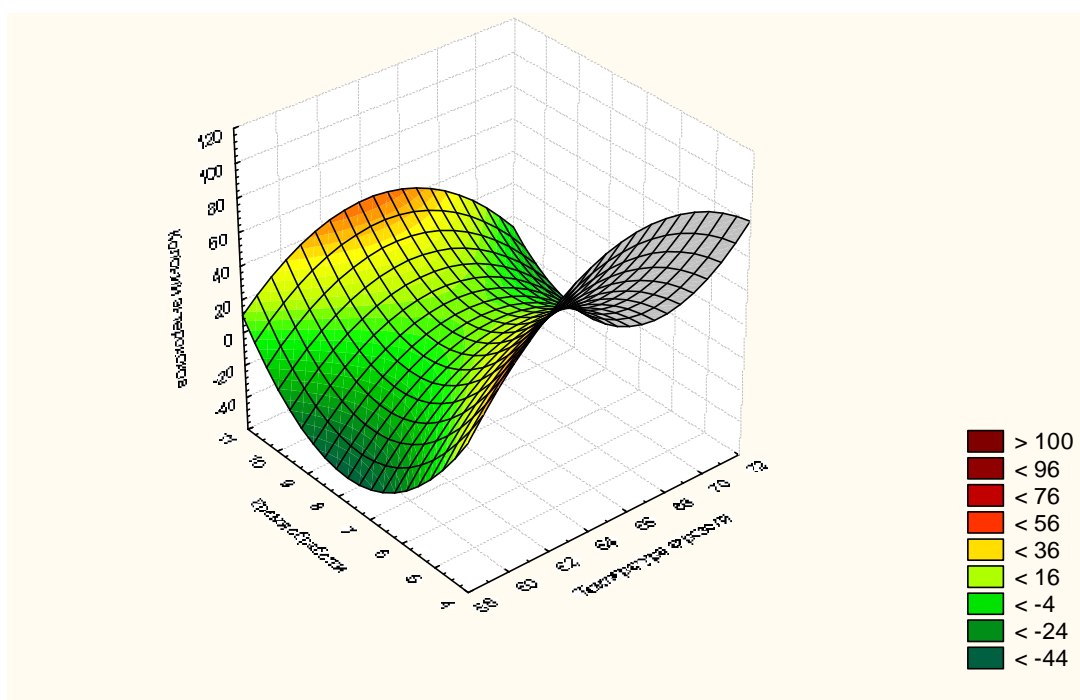


Рисунок 3 - Трехмерный график количества колоний энтерококков в зависимости от температуры аэрозоля и времени обработки

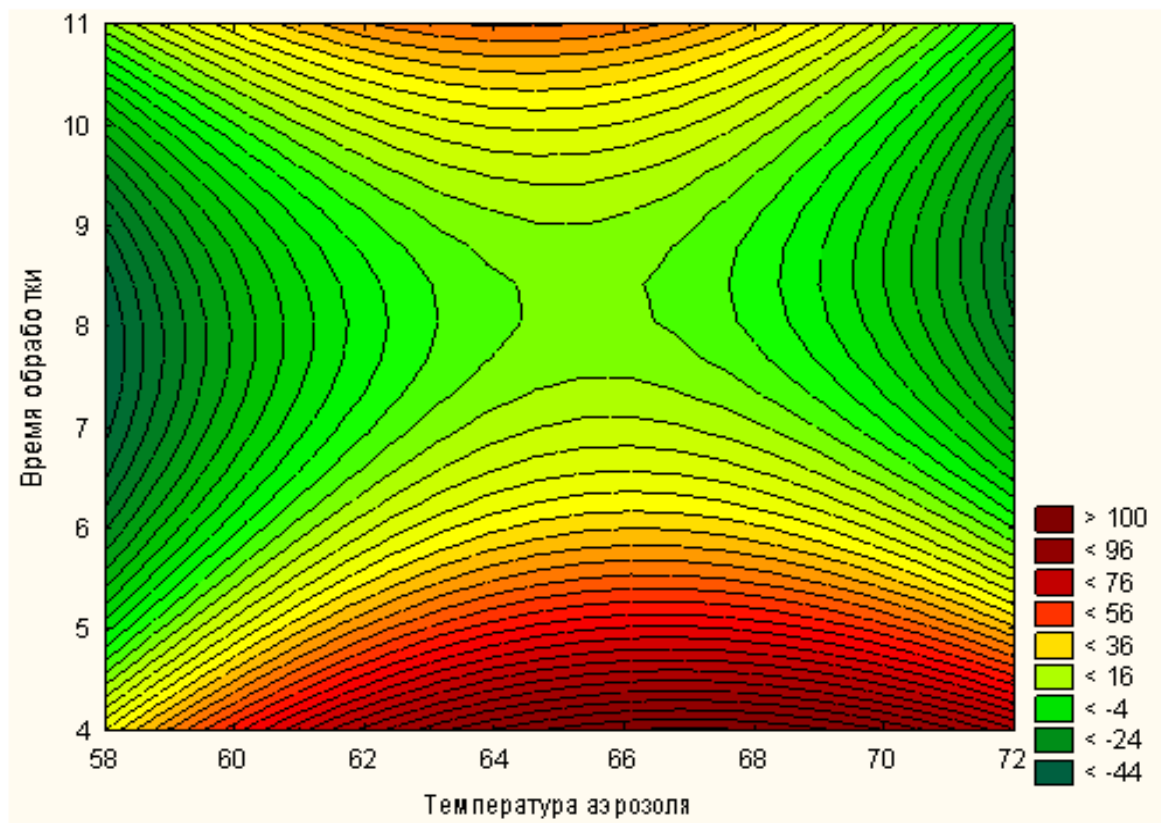


Рисунок 4 - Контурный график количества колоний энтерококков в зависимости от температуры аэрозоля и времени обработки.

Анализ рисунков показал, что оптимальными режимами обработки рабочих поверхностей генератором горячего тумана с диспергирующим устройством марки GreenFog BF-130 являются температура 65,5° С, время обработки – 8,5 с.

Аналогичным образом получены результаты по бактериям группы кишечной палочки.

В результате исследований зараженности поверхностей после обработки бактериями группы кишечной палочки нами было получено уравнение регрессии:

$$v_4 = -632,193 + 18,7491 \cdot v_1 + 0,6596 \cdot v_2 - 0,1133 \cdot v_1^2 - 0,4158 \cdot v_1 \cdot v_2 + 1,6556 \cdot v_2^2 \quad (2)$$

где  $v_1$  – температура аэрозоля, град;

$t_2$  – время обработки 1 м<sup>2</sup> поверхности, с;

$n_4$  – колонии бактерий кишечной палочки, КОЕ.

Коэффициент детерминации данной модели составляет 0,763, коэффициент корреляции 0,873. Анализ значимости факторов по уровню p-level показал, что оба фактора являются значимыми. На основе анализа уравнения (2) построены графики количества колоний бактерий группы кишечной палочки в зависимости от температуры аэрозоля и времени обработки рисунки 5 и 6.

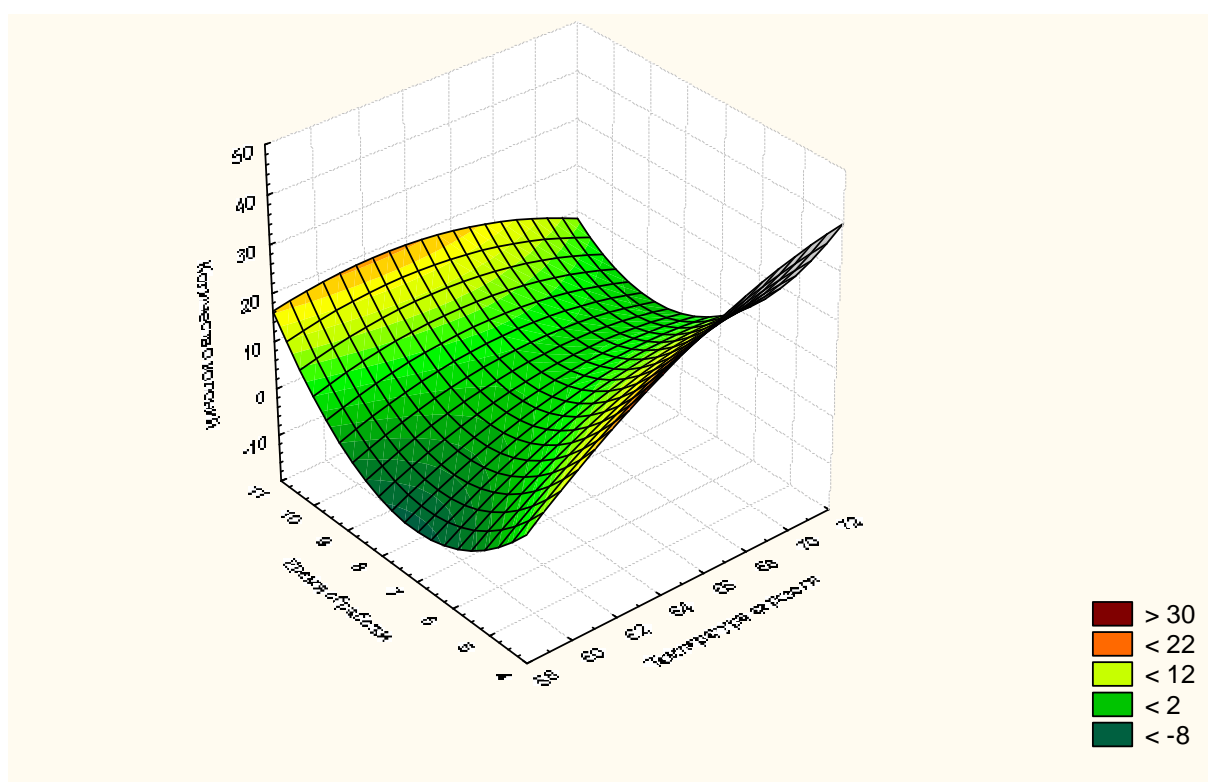


Рисунок 5 - Трехмерный график количества колоний бактерий группы кишечной палочки в зависимости от температуры аэрозоля и времени обработки

Анализ рисунков показал, что оптимальными режимами обработки рабочих поверхностей генератором горячего тумана с диспергирующим устройством марки GreenFog BF-130 являются температура 63 °С, время обработки 1 м<sup>2</sup> – 8,5 с [5].

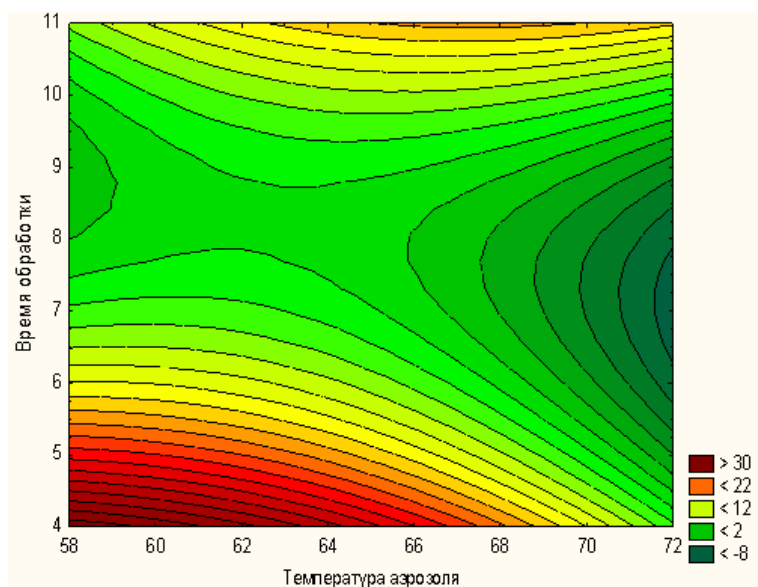


Рисунок 6 - Контурный график количества колоний бактерий группы кишечной палочки в зависимости от температуры аэрозоля и времени обработки

Сравнивая результаты экспериментов по различным группам микроорганизмов установлено, что режимы работы генератора горячего тумана с диспергирующим устройством отличаются в пределах статистической погрешности. Таким образом, оптимальными режимами генератора горячего тумана с диспергирующим устройством будут: время обработки 1 м<sup>2</sup> 8,5 с, температура обработки – 65° С. Следует отметить, что до и после данной обработки не была обнаружена патогенная микрофлора (сальмонеллы, стафилококки, листерии, *Vac. cereus*).

#### Список литературы

1. Ветеринарно-санитарные правила обработки транспортных средств, контейнеров, складских помещений и других подконтрольных объектов: Приказ Минсельхоза России от 15.06.1993 г. Официальное издание / Министерство сельского хозяйства РФ. М., 1993.
2. Гордейчик, В.И. Основы микробиологии, санитарии и гигиены: Учебное пособие / В.И. Гордейчик. - Минск: Беларуская Энц., 2010. - 199 с.
3. Горохова, С.С., Основы микробиологии, производственной санитарии и гигиены: учебное пособие / С.С. Горохова, Н.А. Прокопенко, Н.В. Косолапова. - М.: ИЦ Академия, 2012. 64 с.
4. Лабинская, А.С. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований / А.С. Лабинская. - М.: Медицина, 2004. - 576 с.

5. Ли, Р.И. Основы научных исследований: учебное пособие / Р.И. Ли. - Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2013. 190 с.
6. Мельников, В.С. Способ дезинфекции фургонов и помещений / В.С. Мельников, И.Н. Горячкина, М.Ю. Костенко // Современная наука глазами молодых ученых: материалы межвузовской научно-практической конференции. - Рязань: Изд-во ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 81-86.
7. Теоретические исследования теплового потока в диспергирующем устройстве [Электронный ресурс] / В.С. Мельников [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – №104. - С. 222 – 236. – IDA [article ID]: 1041410014. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/14.pdf>.
8. Методические указания по оценке эффективности дезинфицирующих средств, предназначенных для обеззараживания различных объектов и санитарной обработки людей: Приказ Минздрава СССР от 20.08.1970 г № 859-70. Официальное издание / Министерство здравоохранения СССР. М., 1970.
9. Пат. 142474 Российская Федерация, МПК А61L2/07. Установка для обработки рабочих поверхностей дезинфицирующим раствором с помощью водяного пара / Мельников В.С., Костенко М.Ю., Горячкина И.Н.; патентообладатель: Мельников В.С.. - №2014111358/15; заявл. 25.03.2014; опубл. 27.06.2014, бюл. №18.
10. Правила проведения дезинфекции и дезинвазии объектов государственного ветеринарного надзора: Приказ Минсельхоза России от 15.07.2002 г. 13-5-2/0525 Официальное издание / Министерство сельского хозяйства РФ. М., 2002.
11. Р 4.2.2643-10. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. Руководство. – Введ. 2010-06-02. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2010.
12. Санитарная микробиология: учебное пособие / Н.А. Ожередова, Е.В. Светлакова, М.Н. Веревкина [и др.] - Ставрополь, 2008. - 141 с.

## References

1. Veterinarno-sanitarnye pravila obrabotki transportnyh sredstv, kontejnerov, skladskih pomeshhenij i drugih podkontrol'nyh ob#ektov: Prikaz Minsel'hoza Rossii ot 15.06.1993 g. Oficial'noe izdanie / Ministerstvo sel'skogo hozjajstva RF. М., 1993.
2. Gordejchik, V.I. Osnovy mikrobiologii, sanitarii i gigieny: Uchebnoe posobie / V.I. Gordejchik. - Minsk: Belaruskaja Jenc., 2010. - 199 с.
3. Gorohova, S.S., Osnovy mikrobiologii, proizvodstvennoj sanitarii i gigieny: uchebnoe posobie / S.S. Gorohova, N.A. Prokopenko, N.V. Kosolapova. - М.: IC Akademija, 2012. 64 с.
4. Labinskaja, A.S. Obshhaja i sanitarnaja mikrobiologija s tehnikoj mikrobiologicheskikh issledovanij / A.S. Labinskaja. - М.: Medicina, 2004. - 576 с.
5. Li, R.I. Osnovy nauchnyh issledovanij: uchebnoe posobie / R.I. Li. - Lipeck: Izd-vo LGTU, 2013. 190 s.
6. Mel'nikov, V.S. Sposob dezinfekcii furgonov i pomeshhenij / V.S. Mel'nikov, I.N. Gorjachkina, M.Ju. Kostenko // Sovremennaja nauka glazami molodyh uchenyh: materialy mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. - Rjazan': Izd-vo FGBOU VPO RGATU, 2014. – Ch. 1. – S. 81-86.
7. Teoreticheskie issledovanija teplovogo potoka v dispergirujushhem ustrojstve [Jelektronnyj resurs] / V.S. Mel'nikov [i dr.] // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – №104. - S. 222 –

236. – IDA [article ID]: 1041410014. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/14.pdf>.

8. Metodicheskie ukazaniya po ocenke jeffektivnosti dezinficirujushhih sredstv, prednaznachennyh dlja obezzarazhivaniya razlichnyh ob#ektov i sanitarnoj obrabotki ljudej: Prikaz Minzdrava SSSR ot 20.08.1970 g № 859-70. Oficial'noe izdanie / Ministerstvo zdravoohraneniya SSSR. M., 1970.

9. Pat. 142474 Rossijskaja Federacija, MPK A61L2/07. Ustanovka dlja obrabotki rabochih poverhnostej dezinficirujushhim rastvorom s pomoshh'ju vodjanogo para / Mel'nikov V.S., Kostenko M.Ju., Gorjachkina I.N.; patentoobladatel': Mel'nikov V.S.. - №2014111358/15; zajavl. 25.03.2014; opubl. 27.06.2014, bjul. №18.

10. Pravila provedeniya dezinfekcii i dezin vazii ob#ektov gosudarstvennogo veterinarnogo nadzora: Prikaz Minsel'hoza Rossii ot 15.07.2002 g. 13-5-2/0525 Oficial'noe izdanie / Ministerstvo sel'skogo hozjajstva RF. M., 2002.

11. R 4.2.2643-10. Metody laboratornyh issledovanij i ispytanij dezinfekcionnyh sredstv dlja ocenki ih jeffektivnosti i bezopasnosti. Rukovodstvo. – Vved. 2010-06-02. M.: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2010.

12. Sanitarnaja mikrobiologija: uchebnoe posobie / N.A. Ozheredova, E.V. Svetlakova, M.N. Verevkina [i dr.] - Stavropol', 2008. - 141 s.