УДК 629.039.58

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОПОДАВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ ПЫЛИ ПРИ ДОРАБОТКЕ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ

© 2016 г. ***В.С. Шкрабак, А.А. Попов, С.В. Данилова, В.Ф. Богатырев***

Целью статьи является теоретическое обоснование, экспериментальные и производственные исследования, подтверждающие возможность подавления пылеобразования мелкодисперсной жидкостью при предреализационной доработке корнеклубнеплодов на линиях для уменьшения запыленности воздуха и улучшения условий труда работающих. Пылеобразование зависит от многих факторов, основными из которых являются размеры, форма и масса почвенных частиц. Основываясь на имеющиеся сведения о гранулометрическом составе почвы и скорости витания ее мелкодисперсных частиц, рассмотрена возможность подавления пыли путем встречной подачи мелкодисперсной жидкости. Для подтверждения теоретических исследований были проведены экспериментальные исследования на разработанной нами установке, в результате которых была определена оптимальная высота расположения распылителей для равномерного распределения мелкодисперсной жидкости и ее максимального поглощения почвенной пылью. Также был рассчитан расход жидкости через один распылитель и время поглощения влаги почвой для миниминизации увлажнения корнеклубнеплодов. В результате опытов было установлено влияние процентного содержания почвы в ворохе корнеклубнеплодов, толщины слоя корнеплодов и продолжительность подачи мелкодисперсной жидкости на количество содержания почвенной пыли в воздухе рабочей зоны. Экспериментальные исследования показали, что наибольшее влияние на снижение запыленности воздуха оказывает продолжительность подачи мелкодисперсной жидкости на корнеклубнеплоды, что наглядно отражено графически. При проведении опытов в производственных условиях выяснилось, что основное влияние на содержание почвенной пыли в воздухе оказывает не только время подачи мелкодисперсной жидкости, но и влажность почвы, содержащейся в корнеклубнеплодах. Следовательно, гидроподавление почвенной пыли на линиях доработки корнеклубнеплодов обеспечивает эффективное снижение запыленности воздуха рабочей зоны (в 1,99 раза) и, как следствие, улучшение условий труда работающих.

Ключевые слова: лабораторная установка, почвенная пыль, результаты опытов, мелкодисперсность, корнеплоды, жидкость, приемный бункер

The purpose of the article is theoretical justification, experimental and industrial research, confirming the possibility of suppressing dust formation by finely dispersed liquid at presale root crops revision on the lines to reduce the dust content in the air and improve working conditions. Dust formation depends on many factors, the main ones of which are the size, shape and weight of soil particles. On the basis of the available information on the granulometric soil structure and hovering rate of its finely dispersed particles, there is considered the possibility of dust suppression by counter flow of finely dispersed fluid. To confirm the theoretical research there have been carried out experimental studies on designed by us device, as the result of which there has been determined the optimal location of the sprayer height for uniform distribution of finely dispersed liquid and its maximum absorption of soil dust. Also there was calculates fluid flow through a sprayer, and the moisture absorbing time by soil to minimize moistening of root crops. As the result of experiments, there was found out the influence of the soil content percentage in the root crops pile, root crops layer thickness and the supply duration of finely dispersed liquid

on the amount of soil dust content in the working area. Experimental researches have shown that the greatest impact on reducing particulate air pollution has supply duration of finely dispersed liquid on root crops, which is clearly reflected graphically. At carrying out experiments in production environment it became clear that the main influence on the soil dust content in the air has not only the supply time of finely dispersed fluid, but also soil moisture contained in the root crops. Consequently, the hydraulic soil dust suppression on the lines of root crops revision provides effective dust reduction in workplace air (in 1.99 times) and. as a result. improve working conditions.

Keywords: laboratory apparatus, soil dust. experimental results, fine, root vegetables, liquid, receiving hopper.

Введение. Общее количество почвы, поступающей вместе с корнеплодами на доработку, зависит от многих факторов и находится в пределах от 0,15 до 23,8% [1]. Это ухудшает качество воздуха и условия труда работников, занятых предреализационной доработкой корнеплодов.

Пылеобразование – величина случайная и зависит от:

– количества и гранулометрического состава почв, поступающих вместе с корнеклубнеплодами на линии доработки;

– влажности почв, количества выпавших атмосферных осадков и температуры окружающего воздуха при уборке урожая;

– вида, сорта корнеклубнеплодов, состояния агрофона в период уборки;

– содержания в ворохе корнеклубнеплодов растительных остатков, загнивших корнеклубнеплодов, способствующих увлажнению почвы;

– конденсирования влаги на корнеклубнеплодах, поступающих из холодильных камер, где температура воздуха 3–5 ^{0}С, в цех на доработку, где температура – от 10 ^{0}С и выше.

Облако пыли, которое образуется над поверхностью выгружаемого вороха корнеклубнеплодов в приемный бункер линии, зависит от многих факторов, основными из которых являются размеры, форма и масса почвенных частиц. Фракционный состав дерново-подзолистых почв, в зависимости от скорости их витания, распределяется следующим образом [2, 3]:

– скорость витания почвы $V_{в.п.}$ = 0,00 – 0,05 м/с – при долевом содержании почвы 30,1%;

– скорость витания почвы $V_{в.п.}$ = 0,05 – 0,25 м/с – при долевом содержании почвы 59,1%;

– скорость витания почвы $V_{в.п.}$ = 0,25 – 0,70 м/с – при долевом содержании почвы 10,8%.

Данные по скорости витания почвы получены при её влажности, равной 16,9%.

Учитывая имеющиеся сведения о гранулометрическом составе почвы и скорости витания ее мелкодисперсных частиц, и используя закон сохранения количества движения (закон сохранения импульса), нами рассмотрена возможность подавления пыли путем встречной подачи на нее мелкодисперсной жидкости.

Методика исследования. Представим движение капель жидкости и частиц пыли навстречу друг другу по одной осевой линии. В этом случае:

$$\left.\begin{array}{l} m_в\,\upsilon_в - m_п\,\upsilon_п \geq 0 \\ m_в\,\upsilon_в \geq m_п\,\upsilon_п \end{array}\right\},$$

где $m_в$ и $m_п$ – масса частиц, соответственно жидкости и пыли, мг;

$\upsilon_в$ и $\upsilon_п$ – скорость движения частиц, соответственно жидкости и пыли, м/с.

Найдем подачу жидкости такой, чтобы площадь сечения капель жидкости и площадь сечения пыли были равными между собой, путем регулирования давления жидкости и диаметров отверстий распылителей в форсунках.

Тогда:

$$\upsilon_в \geq m_п / m_в \frac{m_п}{m_в}\,\upsilon_п = (\rho_п / \rho_в) \cdot \upsilon_п,$$

где $\rho_п$ и $\rho_в$ – плотность пыли и жидкости, г/см^3.

При $\upsilon_п$ = 0,7 м/с; $\rho_п$ = 1,2 г/см^3; $\rho_в$ = 1,0 г/см^3 скорость мелкодисперсной жидкости в зоне контакта с ворохом корнеплодов будет равна:

$$\upsilon_{вх.} = 1{,}2 / 1{,}0 \cdot 0{,}7 = 0{,}84 \text{ (м/с)}.$$

Расход жидкости определяется по формуле

$$q_в = \mu \cdot f_0 \cdot v_{вх.}$$

где μ – опытный коэффициент расхода, величина которого для практических расчетов принимается для распылителей в пределах 0,22–0,47;

f_0 – площадь выходного отверстия распылителя, м^2.

Почвенная пыль на линии доработки имеет размеры от 0,05 мм и меньше. Размеры капель жидкости – 0,05 мм (мкм), соответствующие размерам частиц почвенной пыли (0,05 мм), обеспечиваются при давлении жидкости в пределах 5 кг/см^2. Это условие может быть обеспечено путем повышения давления жидкости при одновременном снижении диаметра выходного отверстия распылителя до d < 0,5 мм.

Угол конуса распыла мелкодисперсной жидкости распылителями достигает 40^0. Высота размещения распылителей относительно поверхности вороха корнеплодов в приемном бункере регулируется и при первоначальных расчетах может быть принята – от 0,5 м. При известных значениях угла распыла жидкости и высоте расположения распылителей относительно поверхности вороха корнеплодов определяется площадь круга обработки вороха корнеплодов (ориентировочно до 0,4 м). При известной толщине слоя вороха корнеплодов и удельной их массе можно определить удельный расход жидкости на 1 т обрабатываемых корнеплодов. Продолжительность подачи мелкодисперсной жидкости при опорожнении 1 т корнеплодов (по данным хронометража) из контейнеров в приёмный бункер линии составляет до 4,5 с.

С учетом изложенного следует, что для приемного бункера шириной 0,8 м (контейнеры грузовместимостью до 400 кг имеют ширину, равную 0,8 м) необходимо иметь два распылителя.

Расход жидкости, необходимый на подавление мелкодисперсной почвенной пыли при доработке 1 т корнеплодов, может быть определен по формуле

$$Q_т = q_в \cdot t \cdot n,$$

где t – время подачи жидкости при опорожнении 1 т вороха корнеплодов в приемный бункер линии;

n – количество распылителей.

При $q_в$ = 0,02 л/с, t = 4,5 с; n = 2, получим: $Q_т = 0{,}02 \cdot 4{,}5 \cdot 2 = 0{,}18$ л ≈ 0,2 л/т.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Результаты теоретических исследований легли в основу проведения экспериментальных исследований и производственных опытов.

Экспериментальные исследования выполнены на изготовленной нами установке [4] в два этапа:

1. Изменяя высоту расположения распылителя относительно дна тары, достигли равномерного распределения мелкодисперсной жидкости по всей площади тары и ее максимальное поглощение почвенной пылью, при этом минимально увлажняя поверхность корнеплодов.

2. Определили влияние процентного содержания почвы в ворохе корнеплодов, толщины слоя корнеплодов и продолжительности подачи мелкодисперсной жидкости на запыленность воздуха во время выгрузки корнеплодов из контейнера в тару.

При проведении опытов в контейнер загружали свеклу столовую «Бордо-237» по 7,5 кг с сухой поверхностью (если при взятии корнеплодов из холодильных камер на их поверхности конденсировалась влага, то корнеплоды подсушивали в естественных условиях при температуре воздуха

выше 18 ^{0}С). В контейнер с корнеплодами высыпали почву содержанием 1 и 5% по отношению к массе корнеплодов. Абсолютная влажность почвы – до 2,5%.

В результате многократных опытов была найдена рациональная высота расположения распылителей (форсунок) относительно дна тары – 600 мм и выше. Такая высота объясняется тем, что при подаче мелкодисперсной жидкости с высоты не менее 600 мм пыль полностью поглощает влагу, оседая на поверхность корнеплодов в виде пластичной массы (ила), на дно тары вода не проникает. Если учесть, что скорость витания мелкодисперсных частиц почвы составляет 0,2 м/с, то время поглощения влаги почвой, при падении с высоты не менее 600 мм, составляет до 3 секунд [3].

Расход жидкости через один распылитель, при постоянном давлении в гидросистеме в 4 бара (кг/см^2), составил 317 мл/мин, угол конуса распыла равен 35^0 (расход мелкодисперсной жидкости через один распылитель принят с учетом ранее проведенных теоретических исследований).

Дальнейшие опыты были направлены на установление влияния процентного содержания почвы в ворохе корнеплодов, толщины слоя корнеплодов и продолжительности подачи мелкодисперсной жидкости на корнеплоды на количество почвенной пыли в воздухе во время их выгрузки. Опыты проведены в 2-х кратной повторности по матрице 2^{3-1} [5] . Планирование экспериментов проведено по программе Statgraphics [6,7]. Уровни факторов по матрице 2^{3-1} представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни факторов по матрице 2^{3-1} (масса корнеплодов во всех опытах – 7,5 кг, абсолютная влажность почвы – 2,45%. Расстояние от распылителей до поверхности корнеплодов – 600 мм)

Факторы	Уровни факторов			Интервал варьирования
	- 1	0	+ 1	
А – содержание почвы в корнеплодах, %	1 (75 гр.)	3 (225 гр.)	5 (375 гр.)	2 (150 гр.)
В – толщина слоя корнепл. в контейнере, см	7 (1 слой)	14 (2 слоя)	21 (3 слоя)	7 (1 слой)
С – продолжительность подачи воды на ворох корнеплодов, с	0,0	5	10	5

Используя программу Statgraphics, получили уравнение регрессии (У (мг/м^3) – содержание почвенной пыли в воздухе помещения), имеющее следующее выражение: У = 12,8325 + 0,0775А – 1,4725В – 4,0875С –» 5%. Исследования показали, что с увеличением толщины слоя корнеплодов от 70 до 200 мм наблюдается незначительное снижение запыленности воздуха. Изменение содержания почвы в ворохе корнеплодов в интервале от 1 до 5%, практически не оказало существенного влияния на снижение запыленности воздуха. Основное влияние на содержание почвенной пыли в воздухе оказывает продолжительность подачи мелкодисперсной жидкости на корнеплоды.

При отсутствии увлажнения корнеплодов среднее содержание почвенной пыли в воздухе при их выгрузке из контейнера составило 18,37 мг/м^3, при продолжительности подачи мелкодисперсной жидкости на корнеплоды в течение 10 с произошло снижение до 7,35 мг/м^3 (при ПДК 8–9 мг/м^3). Опыты, продолженные с увеличением подачи мелкодисперсной жидкости до 30 с, при постоянных значениях содержания почвы в корнеплодах (фактор А) и толщины слоя корнеплодов (фактор В), показали, что с увеличением продолжитель-

ности подачи воды резко снижается запыленность воздуха – до 3,45 мг/м^3. Это наглядно представлено на рисунке 1.

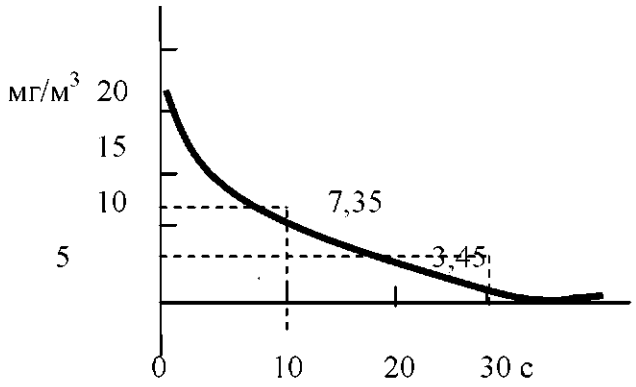


Рисунок 1 – Зависимость снижения запыленности воздуха от продолжительности подачи мелкодисперсной жидкости

Ограничением подачи мелкодисперсной жидкости на корнеплоды является увлажнение их поверхности (таблица 2).

Таблица 2 – Зависимость увлажнения поверхности корнеплодов от продолжительности подачи воды

Продолжительность подачи воды, с	Увлажнение поверхности корнеплодов, %			
	Вся поверхность	1/2 поверхности	1/4 поверхности	Итого, %
10	0,0	65,7	34,3	100
30	29,6	57,2	13,2	100

Так как при высоком увлажнении поверхности корнеплодов снижается срок их хранения, то подачу мелкодисперсной жидкости на корнеплоды следует ограничивать тридцатью секундами.

Для доработки столовых корнеплодов и картофеля (корнеклубнеплодов) в настоящее время широко применяются линии «Midema 58-651» (Голландия). Этими линиями укомплектованы вновь построенные овощекартофелехранилища, вместимостью свыше 2000 т и оснащенные холодильными камерами. Такие хранилища построены в ЗАО «Предпортовый» Ломоносовского района и «ПК Шушары» Тосненкого района Ленинградской области, где нами проведены производственные опыты. Производительность линий по вороху корнеплодов – до 10 т/ч. В составе линий: приемный бункер, модуль очистки вороха, модули сортировки, калибровки и фасовки.

В таблице 3 приведены данные из протокола № 169-ст/09 измерений концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны овощекартофелехранилища ЗАО «Предпортовый», выполненные аккредитованной комплексной испытательной лабораторией (КИЛ) 27 октября 2009 г.

Из таблицы видно, что силикатосодержание пыли при доработке моркови превышает ПДК на 0,4 мг/м^3, а при доработке картофеля превышение ПДК в 2,1 раза из-за содержания в ворохе корнеплодов до 23% почвы. Содержание почвы в ворохе корнеплодов моркови – до 5%.

С октября 2015 г. до настоящего времени на линии «Midema 58-651» для подавления пыли используется изготовленная нами установка. Ворох корнеплодов в приемный бункер линии выгружают из контейнеров вместимостью до 400 кг, используя стационарный опрокидыватель. Корнеплоды на доработку поступают из холодильных камер. В холодильные камеры корнеплоды закладывают осенью, после машинной уборки урожая, предварительно доработанные на выше указанных линиях, где из вороха корнеплодов, по возможности, отделяется почва и растительные примеси.

Таблица 3 – Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны при доработке моркови и картофеля. Место отбора проб – рабочее место растениеводов

Показатели	Значение показателей			
	Цех доработки моркови		Цех доработки картофеля	
	Движение погрузчиков	Линия доработки	Движение погрузчиков	Линия доработки
Технологический процесс	Движение погрузчиков по цеху	Доработка корнеплодов	Движение погрузчиков по цеху	Доработка клубнеплодов
Продолжительность операции за смену, ч	8	7	8	7
Метеорологические условия: атмосферное давление, мм. рт. ст.	758	758	758	758
Температура воздуха, ^{0}C	17	17	8	8
Класс вредности	4	4	4	4
ПДК, мг/м^3	8	8	8	8
Силикатосодержание пыли (среднесменные результаты измерений), мг/м^3	7,4	8,4	17	19,25
Превышение ПДК	–	на 0,4 мг/м^3	в 2,1 раза	в 2,41 раза

К боковым стенкам, в конце бункера (рисунок 2), прикреплена П-образная штанга, на которой мы установили два распылителя. Конструкция штанги позволяет менять её высоту.



Рисунок 2 – П-образная штанга, прикрепленная к стенкам в конце бункера

Предварительные опыты показали, что минимальная высота расположения распылителей от дна приемного бункера должна быть не менее 600 мм. Факел мел-

кодисперсной жидкости от распылителей необходимо направлять на корнеплоды, выгружаемые из контейнера. Факел мелкодисперсной жидкости практически накрывает всю поверхность приемного бункера.

При поведении опытов выяснилось, что достаточно использовать один распылитель, так как почва имела высокую влажность, снижающую запыленность воздуха.

Для управления установкой для гидроподавления пыли достаточно одного человека, работающего на инспекционном столе, включающего и выключающего её по мере необходимости.

В таблице 4 представлено среднечасовое силикатосодержание пыли с учетом подачи на неё мелкодисперсной жидкости с давлением 5 бар (5 кг/см^2). Расход жидкости через один распылитель – 317 л/мин.

Таблица 4 – Силикатосодержание пыли в воздухе рабочей зоны при доработке столовой свеклы на линии «Midema-58-651» в овощекартофелехранилище «ПК Шушары». Ворота в цехе открыты. Приточно-вытяжная вентиляция выключена. Начало работы в цехе – с $8^{\underline{00}}$

Показатели	Значение показателей	
	22 марта 2016 г.	12 апреля 2016 г.
Начало времени замеров	с $10^{\underline{00}}$	с $10^{\underline{00}}$
Кол-во повторностей	2	2
Температура воздуха, ^{0}С в помещении	17	17
в холодильной камере	от 3 до 5^0	5^0
Состояние вороха корнеплодов	поверхность корнеплодов и почва влажные от конденсирования на них влаги из-за разности температур в цехе и холодильнике	корнеплоды с вечера из холодильника были вывезены в цех, поверхность корнеплодов сухая, чистая от почвы. В контейнере имелись гнилые корнеплоды
Количество распылителей в работе	1	1
Расход жидкости через один распылитель, л/мин	317	317
Силикатосодержание пыли, мг/м^3 в центре помещения: над приемным бункером линии:	0,6	2,96
а) без подачи мелкодисперсной жидкости	1,92	3,15
б) с подачей мелкодисперсной жидкости	1,49	1,57
Снижение запыленности над приёмным бункером при подаче мелкодисперсной жидкости	на 0,43 мг/м^3 (на 22 %)	в 1,99 раза

Из данных, приведенных в таблицах 3 и 4, видим, что содержание пыли при доработке корнеплодов в разные периоды времени различны и зависят от почвы в ворохе

корнеплодов и её влажности. Основное влияние на содержание пыли оказывает влажность почвы и время подачи на неё мелкодисперсной жидкости. Результаты производственных опытов подтверждают результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Технологический процесс подавления мелкодисперсной жидкости мелкодисперсной пылью в приемном бункере линии доработки корнеплодов представляет особый интерес. Опрокидывание контейнера с корнеплодами до полной их выгрузки осуществляется за 2–3 приема. Время, затрачиваемое на выгрузку корнеплодов из контейнера, составляет до 1,5 с. Затем подвижным дном бункера происходит дальнейшая выгрузка продукции, процесс движения продукции по дну бункера стабилизируется. В это время облако пыли, образующееся при опрокидывании контейнера, поднимается вверх из вороха корнеплодов в течение десятков секунд. Подъему облака пыли препятствует облако мелкодисперсной жидкости из распылителей, движущееся с одного конца бункера до другого. Мелкодисперсная жидкость поглощается пылью, которая оседает на корнеплоды в бункере в виде пластичной массы. При расходе жидкости через один распылитель, равному 317 мл/мин и суммарного времени подачи мелкодисперсной жидкости на корнеплоды при их выгрузке из контейнера, равного 15 с, можно определить расход жидкости на 1 т корнеплодов – от 0,2 л/т.

Выводы. Экспериментальные и производственные опыты по гидроподавлению почвенной пыли на линиях доработки корнеплодов показали следующее:

– оборудование для гидроподавления почвенной пыли должно обеспечить подачу мелкодисперсной жидкости на корнеплоды в расчете от 0,2 л/т;

– гидросистема оборудования может быть использована от опрыскивателей сельскохозяйственного назначения с расходом жидкости через один распылитель – от 317 мл/мин при давлении – от 4 бар (кг/см^2) и продолжительностью подачи мелкодисперсной жидкости на облако пыли – от 5 с;

– расстояние от распылителей до поверхности корнеплодов – от 600 мм. Поток мелкодисперсной жидкости из распылителей должен быть направлен в сторону выгружаемых корнеплодов из транспортных средств в приемный бункер линии. Распылители должны быть установлены в конце приемного бункера.

Отметим также, что проблемам улучшения условий труда работников в условиях запыленности воздуха уделяется немало внимания в зарубежных работах [8, 9, 10, 11]. Однако в указанных работах речь идет о рисках, конкретные решения отсутствуют. Предложенные нами решения позволяют обеспечить обеспыливание корнеклубнеплодов и улучшить условия труда работников на линиях предреализационной доработки плодоовощеводческой продукции.

Литература

1. Попов, А.А. Технологии и технические средства производства столовой моркови и свеклы на Северо-Западе Российской Федерации / А.А. Попов, А.М. Валге. – Санкт-Петербург: СЗНИИМЭСХ, 2007. – 220 с.

2. Попов, А.А. Теоретическое обоснование использования мелкодисперсной жидкости для подавления почвенной пыли на линиях послеуборочной доработки корнеплодов / А.А. Попов, В.С. Шкрабак, С.В. Данилова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И.Вавилова, 2015. – № 9. – С. 50–56.

3. Данилова, С.В. Результаты экспериментальных исследований гидрообеспыливания для технологий на линиях послеуборочной доработки корнеплодов / С.В. Данилова, В.С. Шкрабак, А.А. Попов // Известия. – Санкт-Петербург: Типография СПбГАУ. – 2015. – № 41. – С. 295–303.

4. Патент РФ. Модель 145704 МПК A01B25/00 Устройство для пылеподавления / С.В. Данилова, В.С. Шкрабак, М.С. Овчаренко, А.А. Попов. – ФГБОУ ВПО СПбГАУ. – № 2014121854/13; заяв. 29.05.2014; опубл. 27.09.2014

5. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий

/ Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Наука, 1976. – 279 с.

6. Валге, А.М. Использование систем EXCEL и MathCAD при проведении механизации сельскохозяйственного производства: методическое пособие / А.М. Валге. – ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемия. – Санкт-Петербург, 2013. – 200 с.

7. Валге, А.М. Основы статистической обработки экспериментальных данных при проведении исследований сельскохозяйственного производства с примерами на STATGRAPHICS и EXCEL / А.М. Валге. – Санкт-Петербург; Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2015. – 140 с.

8. Bekkc, 2006: Risk Criteria, Background information for maritime decision makers, E.C.A. ter Bekkc, Delft University of Technology, 2006.

9. Taylor, J.R. "Hazardous materials release and accident frequencies for process plant" – draft version 2003.

10. HSE, Ball, D.J. and Floyd, P.J., Societal Risks, 1998.

11. E. Ovchinnikova, R. Shkrabak, V. Shkrabak. Current status and prospective aspects of labor safety in agriculture. Verun Deutscheringenieure Universitet Hohenheim institute für Agrartechnik. Heft 4. 01–02. Mrz, 2016. pp. 171–176.

References

1. Popov A.A., Valge A.M. Tehnologii i tehnicheskie sredstva proizvodstva stolovoj morkovi i svekly na Severo-Zapade Rossijskoj Federacii [Technologies and means of edible carrots and beets production in the Northwest of the Russian Federation], St.-Petersburg, SZNIIMJeSH, 2007, 220 p.

2. Popov A.A., Shkrabak V.S., Danilova S.V. Teoreticheskoe obosnovanie ispol'zovanija melkodispersnoj zhidkosti dlja podavlenija pochvennoj pyli na linijah posleuborochnoj dorabotki korneplodov [The theoretical substantiation of using finely dispersed fluid to suppress soil dust on the lines of the post-harvest root crops revisio], *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I.Vavilova*, 2015, No. 9, pp. 50–56.

3. Danilova S.V., Shkrabak V.S., Popov A.A. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij gidroobespylivanija dlja tehnologij na linijah posleuborochnoj dorabotki korneplodov [The results of experimental studies of hydraulic dedusting for technology on the lines of the post-harvest root crops revision], *Izvestija*, St.-Petersburg – Pushkin, Tipografija SPbGAU, No. 41, 2015, pp. 295–303.

4. Danilova S.V., Shkrabak V.S., Ovcharenko M.S., Popov A.A. Ustrojstvo dlja pylepodavlenija [Device for dust suppression], Patent RU No.145704 MPK A01V25/00, FGBOU VPO SPbGAU, No. 2014121854/13; Zajav. 29.05.2014; Opubl. 27.09.2014.

5. Adler Ju.P., Markova E.V., Granovskij Ju.V. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij [Experiment planning at searching the optimum conditions], 2-e izd., pererab. i dop, Moscow, Nauka, 1976, 279 p.

6. Valge A.M. Ispol'zovanie sistem EXCEL i MathCAD pri provedenii mehanizacii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva: metod. Posobie [Using the EXCEL and MathCAD systems during the mechanization of agricultural production: handbook], St.-Petersburg, GNU SZNIIMJeSH Rossel'hozakademija, 2013, 200 p.

7. Valge A.M. Osnovy statisticheskoj obrabotki jeksperimental'nyh dannyh pri provedenii issledovanij sel'skohozjajstvennogo proizvodstva s primerami na STATGRAPHICS i EXCEL [Fundamentals of statistical processing of experimental data in conducting research of agricultural production with examples in STATGRAPHICS and EXCEL], St.-Petersburg; Jelista, Izd-vo Kalm. un-ta, 2015, 140 p.

8. Bekkc, 2006, Risk Criteria, Background information for maritime decision makers, E.C.A. ter Bekkc, Delft University of Technology, 2006.

9. Taylor J.R. Hazardous materials release and accident frequencies for process plant, draft version, 2003.

10. HSE, 1998, Ball, D.J. and Floyd, P.J., Societal Risks.

11. Ovchinnikova E., Shkrabak R., Shkrabak V. Current status and prospective aspects of labor safety in agriculture, Verun Deutscheringenieure Universitet Hohenheim institute für Agrartechnik, Heft 4. 01–02, Mrz, 2016, pp. 171–176.

Сведения об авторах

Шкрабак Владимир Степанович – доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (Пушкин, Россия).
Тел.: 8(812)451-76-18. E-mail: v.shkrabak@mail.ru.

Попов Александр Александрович – доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (Пушкин, Россия).
Тел.: 8-911-284-83-61. E-mail: popov99. 1940@mail.ru.

Данилова Светлана Вячеславовна – аспирант кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (Пушкин, Россия). Тел.: 8-911-818-30-29.
E-mail: vipsvetlana@list.ru.

Богатырев Владимир Федорович – генеральный директор «ПК Шушары» (Санкт-Петербург, Россия). Тел.: (812) 451-76-18.

Information about authors

Shkrabak Vladimir Stepanovich – Doctor of Technical Sciences, professor of the Safety of technological processes and production department, FSBEI HE «St.-Petersburg State Agrarian University» (Pushkin, Russia). Phone: 8(812)451-76-18. E-mail: v.shkrabak@mail.ru.

Popov Alexander Alexandrovich – Doctor of Technical Sciences, professor of the Safety of technological processes and production department, FSBEI HE «St.-Petersburg State Agrarian University» (Pushkin, Russia). Phone: 8-911-284-83-61. E-mail: popov99. 1940@mail.ru.

Danilova Svetlana Vyacheslavovna – postgraduate student of the Safety of technological processes and production department, FSBEI HE «St.-Petersburg State Agrarian University» (Pushkin, Russia). Phone: 8-911-818-30-29. E-mail: vipsvetlana@list.ru.

Bogatyrev Vladimir Fedorovich – General Director of «Production Complex Shushary» (St. Petersburg, Russia). Phone: 8-812-451-76-18.