

УДК 632.95:631.95

И.С. Крук¹, к.т.н., доцент, О.В. Гордеенко², к.т.н., доцент, Т.П. Кот¹, к.т.н., доцент, А. Марчук³, д.т.н., Я. Каминский⁴, д.т.н.

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, Республика Беларусь; ²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Республика Беларусь; ³Университет природо-ведческий в Люблине, Республика Польша; ⁴Варшавский университет естественных наук, Республика Польша

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ВЕТРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА К ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ

Введение

При обработках в ветреную погоду на протяжении всего процесса падения, капля подвержена воздействию направленного воздушного потока. Он изменяет закономерности ее движения и оказывает значительное влияние на качество выполнения технологического процесса. Поэтому исследование закономерностей сноса капель ветром из зоны обработки и проектирование устройств защиты факела распыла от его воздействия является важной задачей.

Основная часть

Защита факела распыленной жидкости от воздействия ветра – одно из условий проведения качественной химической обработки растений в оптимальные сроки. Наиболее эффективным способом защиты факела распыла и снижения величины или исключения сноса рабочего раствора пестицидов является использование ветрозащитных устройств. В результате анализа способов снижения потерь пестицидов из-за сноса и устройств защиты факела распыла от прямого воздействия ветра [1,2] были предложены конструкции ветрозащитных устройств, рабочие поверхности которых выполнены в форме прямоугольных (рисунок 1,а) [3] или изогнутых пластин [4].

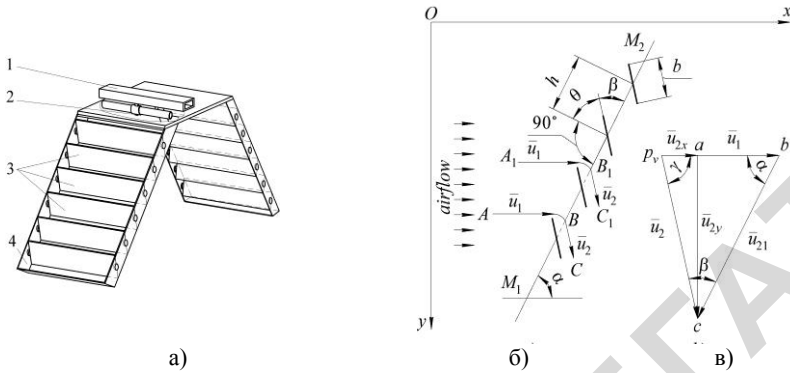


Рисунок 1. Устройство защиты факела распыла от прямого воздействия ветра комбинированного действия:

а – конструктивная схема; б – расчетная схема; в – план скоростей воздушного потока; 1 – несущая конструкция; 2 – распределительная штанга с распылителем; 3 – пластины; 4 – рамка

Ветрозащитное устройство, выполнено в виде плоской решетки, представляющей собой набор прямоугольных пластин, конгруэнтно смещенных вдоль прямой M_1M_2 (ось решетки) (рисунок 1,б). Оно позволяет изменить скорость и направление действующего на нее воздушного потока, которое определяется углом установки пластин к оси решетки β . Воздушный поток представим состоящим из отдельных одинаковых потоков, обтекающих пластины по линиям тока ABC и $A_1B_1C_1$ [5]. Тогда характер изменения его скорости будет определяться теоремой сложения скоростей:

$$\bar{u}_2 = \bar{u}_1 + \bar{u}_{21}, \quad (1)$$

где \bar{u}_1 и \bar{u}_2 – соответственно векторы скоростей линий тока воздушного потока перед и за решеткой;

\bar{u}_{21} – вектор отклонения скоростей линий тока от первоначального направления, вызванного поперечным обтеканием пластин решетки.

Взаимосвязь между векторами уравнения (1) нетрудно установить по теореме синусов, представив его решение графически в виде плана скоростей с полюсом p_v (рисунок 1,в):

$$u_2 = u_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad (2)$$

$$u_{21} = u_1 \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta}. \quad (3)$$

где α – угол наклона оси M_1M_2 решетки к горизонтальной оси;

β – угол установки пластин относительно оси M_1M_2 решетки.

Для оценки воздействия воздушного потока, сформировавшегося за решеткой, на факел распыленной жидкости, разложим вектор скорости \bar{u}_2 , определяемый уравнением (2), по координатным осям Ox и Oy (рисунок 2,б).

$$u_{2x} = u_2 \cdot \cos \gamma = u_1 \left[1 - \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta} \cdot \cos \alpha \right]; \quad (4)$$

$$u_{2y} = u_2 \cdot \sin \gamma = u_1 \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \beta} \cdot \sin \alpha. \quad (5)$$

где γ – угол между векторами скоростей \bar{u}_1 и \bar{u}_2 .

По физической сущности вектор скорости \bar{u}_{2y} способствует быстрейшему осаждению капель. Снос капель из факела распыла происходит под действием горизонтальной составляющей вектора скорости \bar{u}_{2x} . Из анализа уравнения (4) следует:

1) если $\gamma = 180 - (\alpha + \beta) < (\pi/2)$, то $u_{2x} > 0$ и капли будут сноситься из зоны обработки в сторону движения воздушного потока.

2) если $\alpha = (\pi/2)$, то $u_{2x} = u_1$, и при любых значениях угла $\beta > 0$ эффективность ветрозащитной решетки равна нулю;

3) если $\gamma = 180 - (\alpha + \beta) > (\pi/2)$, то $u_{2x} < 0$, и капли будут перемещаться в сторону ветрозащитной решетки при любом значении скорости воздушного потока;

4) если $\beta = (\pi/2)$, то $u_{2x} = u_1 \cdot \sin^2 \alpha < u_1$, и интенсивность сноса капель из зоны обработки будет определяться только углом α наклона оси решетки.

5) если $\beta = 0$, то при любых значениях угла $0 < \alpha < (\pi/2)$ горизонтальная u_{2x} и вертикальная u_{2y} составляющие скорости воздушного потока достигают величины большей, чем скорость воздушного потока перед решеткой, и факел распыленной жидкости будет смещен в сторону решетки.

Приведенный анализ показывает, что при определенном соотношении между углами α и β , за ветрозащитной решеткой можно создать условия движения капель рабочего раствора по требуемым траекториям в факеле распыла, даже при скорости ветра перед решеткой, превышающей установленные ограничения. Отметим, что при уменьшении угла α снос капель из зоны обработки снижается, а габариты ветрозащитной решетки возрастают. Уменьшение угла β установки пластин приводит к резкому возрастанию вертикальной составляющей скорости воздушного потока за решеткой, что может привести к повреждению растений. Для проверки этих предположений была разработана конструкция, изготовлена лабораторная установка и проведены исследования по изменению направления движения горизонтального потока воздуха с помощью жалюзийной решетки.

Разность между объемами жидкости, прошедшей через распылитель и осевшей на приемную поверхность макета гребня, определяет ее снос из зоны обработки и характеризуется коэффициентом k целевого использования распыленной жидкости. Так как наиболее очевиден процесс сноса препарата при ленточном внесении гербицидов, то исследования проведены с приемной поверхностью, выполненной в виде макета гребня. Количественная оценка распределения жидкости за пределами зоны обработки при различной скорости воздушного потока без ветрозащитного устройства была приведена с использованием трех распылителей: TP40015E «Teejet», 30HCX3 «Lurmark», РОК-0.6 «Россия», которые по своим характеристикам наиболее пригодны для использования при ленточном внесении гербицидов.

Анализ полученных результатов показал, что при воздействии направленного воздушного потока происходит перераспределение жидкости по объекту обработки. В опытах отмечено, что при номинальных условиях опрыскивания и скорости направленного воз-

душного потока 2 м/с, свыше 10 % и 19 % жидкости, распыленной соответственно распылителями *TP40015E* и *30HCX3*, сносятся из зоны обработки на расстояние до 0,1 м и около 0,1 % на расстояние более 1 метра. Свыше 5 % жидкости, прошедшей через щелевой распылитель *TP40015E*, оседает на боковой поверхности макета гребня. Около 4 % распыленной жидкости оседает на расстоянии 0,2...0,5 м и около 2 % распыленной жидкости сносится на расстояние более 0,5 м. Дальнейшее увеличение скорости воздушного потока приводит к резкому увеличению объема жидкости, выносимого за пределы зоны обработки. Например, при скорости воздушного потока $u = 7$ м/с, из зоны обработки сносится до 76 % капель жидкости, генерируемых распылителем *TP40015E*. При этом снос за пределы контролируемой зоны (дальше 1 метра от оси гребня) возрастает с 0,2 % (при $u = 2$ м/с) до 13,1 % (при $u = 7$ м/с).

Объем жидкости, прошедший через распылитель *30HCX3* и снесенный воздушным потоком ($u = 2$ м/с) на расстояние 0,1...0,2 и 0,2...0,5 метра от центра макета гребня, соответственно составляет 5,45 и 4,95 %. Снос жидкости на расстояние более 0,5 метра, составляет около 0,1 %. С увеличением скорости воздушного потока до 6 м/с снос капель жидкости возрастает до 80...83 %. При этом около 18 % жидкости сносится на расстояние более 1 метра. Это примерно в 2 раза меньше объема жидкости, снесенного воздушным потоком с аналогичными параметрами, воздействующим на факел распылителя *TP40015E*.

Данное явление объясняется двумя причинами:

- различием высоты установки распылителей над поверхностью макета гребня;
- различием в форме факела распыла: плоский факел распылителя *TP40015E* менее устойчив к воздействию воздушного потока, чем конусообразный факел распылителя *30HCX3*, что многократно отмечено при проведении опытов.

Экспериментально установлено, что воздействие воздушного потока ($u \leq 2$ м/с) на факел распылителя РОК-0,6, практически не приводит к перераспределению жидкости, оседающей на поверхность макета гребня. Заметные изменения в распределении жидкости по поверхности макета гребня наступают при скорости воздуш-

ного потока более 4 м/с. Из полученных данных следует, что при скорости воздушного потока $u = 4$ м/с с обрабатываемой поверхности сносится около 5 % жидкости, прошедшей через распылитель РОК–0.6, что примерно в 5...7 раз меньше, чем при использовании распылителей *TP40015E* и *30HCX3* в аналогичных условиях работы. Увеличение скорости воздушного потока с 4 до 7 м/с приводит к увеличению сноса жидкости из зоны обработки до 24...75 %. Из этого следует, что факел жидкости распылителя РОК–0.6 более устойчив к воздействию воздушного потока, чем факелы распылителей *TP40015E* и *30HCX3*.

Вертикальная составляющая скорости потока за ветрозащитной решеткой определяется динамическим давлением воздуха на поверхность макета гребня. При нормальных атмосферных условиях связь между динамическим давлением и скоростью потока воздуха определяются соотношением [6]:

$$u = 1,29\sqrt{P_{din}}, \quad (6)$$

где P_{din} – динамическое давление в контролируемой точке воздушного потока, Па.

Следует отметить, что, воздействуя ветрозащитной решеткой на воздушный поток можно повысить коэффициент целевого использования жидкости, даже при скорости ветра 6 м/с. Так при установке оси решетки под углом 45° к горизонту и скорости воздушного потока 4 м/с, коэффициент целевого использования жидкости повышается с 52 % (без решетки) до 70,4 %. В сравнении с неподвижной средой этот показатель меньше на 1,2 %. При увеличении скорости воздушного потока с 4 до 6 м/с и неизменных параметрах распыла и установки решетки, коэффициент целевого использования жидкости повышается с 29,7 % (без ветрозащитного устройства) до 61 %, что на 10,6 % меньше, чем в неподвижной среде. Увеличение угла наклона оси решетки с 45° до 60° приводит к незначительному уменьшению коэффициента целевого использования на 6,4 % и 10 % соответственно при скорости воздушного потока в 4 и 6 м/с. Следует также отметить, что при изменении угла установки решетки в пределах 45° .. 60° и скорости воздушного потока 4...6 м/с, асимметрия отложения жидкости по поверхно-

сти гребня, характерная при распыле жидкости без защиты факела, заметно снижается.

Заключение

Приведены результаты теоретических и лабораторных исследований сноса рабочей жидкости при воздействии направленного воздушного потока в зависимости от скорости ветра, типа используемого распылителя и конструктивных параметров ветрозащитного устройства. Установлено, что разработанная конструкция ветрозащитного устройства позволяет качественно выполнять опрыскивание при проведении обработок в ветреную погоду.

Список использованной литературы

1. Способы и устройства защиты факела распыла при внесении пестицидов в ветреную погоду / О.В. Гордеенко, Т.П. Кот, И.С. Крук, А.Е. Маркевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. / НПЦ НАН Беларуси по МСХ – Минск: 2007 – Выпуск 41, с. 106–113.
2. Снижение потерь пестицидов из-за сноса при проведении обработок в неблагоприятных погодных условиях / И.С. Крук, Е.В. Послед, Т.П. Кот, О.В. Гордеенко, А.Е. Маркевич // Материалы межд. научн.-практ. конф. «Экология и сельскохозяйственная техника». – Санкт-Петербург: СЗНИИМЭСХ, 2009 г. – т. 2 – с. 50–57.
3. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: ВУ № 6648, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, О.В. Гордеенко, Е.В. Послед и др. ; заявитель Белорусск. гос. аграрн. техн. ун-т. - № u20100267 ; заявл. 18.03.2010 ; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласцівасці. – 2010. - № 5(76). – с. 161.
4. Штанга опрыскивателя с ветрозащитным устройством : пат. ВУ № 9714, МПК А 01М 7/00 / И.С. Крук, В.А. Агейчик, Д.Р. Мальцев, О.В. Гордеенко; заявитель Белорусск. гос. аграрн. техн. ун-т. - № u20130442 ; заявл. 28.05.2013 ; опубл. 30.12.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласцівасці. – 2013. – № 6(95). – с. 171.
5. Защита факела распыленного пестицида от сноса воздушным потоком / О.В. Гордеенко, И.С. Крук / Инженерный вестник, 2006 – №2(22), С. 14–18.

6. Гордеенко О.В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: Дис. канд. техн. наук / БГСХА. – Горки, 2004. – 218 с.

УДК 631.31.22

С.Н. Герук¹, к.т.н., доцент, И.С. Крук², к.т.н., доцент,
Г.Ф. Назарова², ст. преподаватель

¹Национальный научный центр «Институт
механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН
Украины, п. Глеваха, ²Белорусский государственный аграрный
технический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение

Одним из важнейших условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур является качественная обработка почвы. По степени влияния на урожайность, энергетические и трудовые затраты она занимает ведущее место в растениеводстве. От всего объема полевых работ по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур на обработку почвы приходится 40% энергетических и 25 % трудовых затрат. Вместе с тем, рост энерговооруженности сельского хозяйства обусловил возможности интенсификации обработок почвы. В результате увеличилось количество проходов агрегатов по полю, что привело к разрушению почвенной структуры, снижению плодородия почвы и возрастанию удельных энергозатрат.

В настоящее время осуществляется переход на ресурсосберегающие технологии возделывания культур с помощью комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов. Кроме того, целесообразно создавать сельскохозяйственную технику таким образом, чтобы отдельные ее составляющие могли использоваться самостоятельно, как однооперационные.