

О ВЛИЯНИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ВЫБОР РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОЧЕСЫВАЮЩЕЙ ЖАТКИ

THE INFLUENCE OF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WINTER WHEAT PLANTS ON THE CHOICE OF OPERATING MODES OF COMBING HEADER

М.А. БУРЬЯНОВ, К.Т.Н.
А.И. БУРЬЯНОВ, Д.Т.Н.
И.В. ЧЕРВЯКОВ
О.А. КОСТЫЛЕНКО

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
Зерноград, Россия, burjanov2015@yandex.ru

M.A. BUR'YANOV, PhD in Engineering
A.I. BUR'YANOV, DSc in Engineering
I.V. CHERVYAKOV
O.A. KOSTYLENKO

Federal State Budget Scientific Institution «Agrarian Science
Center «Donskoy», Zernograd, Russia, burjanov2015@yandex.ru

Цель исследований – определение степени влияния морфологических признаков: длины растений, их стеблей, колосьев озимой пшеницы, выращенной в условиях южной подзоны Ростовской области, на выбор режимов работы очесывающей жатки. Проблемы возникают из-за несоответствия параметров и режимов работы очесывающих устройств характеристикам убираемого хлебостоя, а также из-за отсутствия знаний о физико-механических характеристиках растений культур, возделываемых в настоящее время. При уборке очесом необходимо, чтобы лишь колос растения попадал в рабочую зону, параметры которой определяются диаметром очесывающего барабана, зазором между ним и обтекателем, их взаимным расположением и положением жатки относительно поверхности поля. Соблюдение этого условия необходимо, но недостаточно для уборки очесом без потерь зерна. При моделировании на математической модели процесса очеса зерновых культур, реализуемого очесывающей жаткой в условиях конкретного поля, необходимы знания свыше десяти физико-механических характеристик убираемых растений. Данные о характеристиках растений озимой пшеницы, возделываемой в условиях юга России, накапливались авторами в течение шести лет. Получены данные о неравномерности характеристик растений пяти сортов озимой пшеницы. Измерения растений проводили в пределах убираемого поля, отдельных делянок и выросших в одном кусте. Геометрические характеристики растений, такие как их высота, длина стебля и колоса могут с известной степенью точности оцениваться при небольшом количестве замеров и визуальном, с выделением максимально отличающихся участков на убираемом массиве. В данной статье проиллюстрировано влияние геометрических параметров растений убираемой культуры на качество выполняемого процесса и возможность управления им путем регулирования и управления режимами работы.

Ключевые слова: физико-механические свойства растений озимой пшеницы, комбайновый очес, математическая модель, параметры и режимы очесывающего устройства.

The purpose of the research is to determine the degree of influence of morphological features: the length of plants, their stems, ears of winter wheat grown in the southern subzone of the Rostov Region, and the choice of operating modes for combing headers. The problems arise from the discrepancy between the parameters and operating modes of the combing devices for the characteristics of the harvested grain, and also because of the lack of knowledge of the physico-mechanical characteristics of the crop plants currently cultivated. When harvesting with streaks, it is necessary that only the ear of the plant gets into the working zone, the parameters of which are determined by the diameter of the combing drum, the gap between it and the fairing, their mutual arrangement, and the position of the header relative to the field surface. Compliance with this condition is necessary, but not sufficient for cleaning with a streak without loss of grain. When modeling on the mathematical model of the process of combing grain crops realized by a combing header in a specific field, knowledge of more than ten physico-mechanical characteristics of the harvested plants is required. Data on the characteristics of plants of winter wheat, cultivated in the conditions of the south of Russia, was accumulated by us for six years. The data on the non-uniformity of plant characteristics of five varieties of winter wheat are obtained. Measurements were carried out within the field to be cleaned, individual plots and grown in one bush. Geometric characteristics of plants, such as their height, length of stem and ear can be estimated with a certain degree of accuracy with a small number of measurements and visually, with the selection of the most different sites on the harvested massif. This article illustrates the influence of the geometric parameters of the plants of the crop being harvested on the quality of the process being performed and the possibility of controlling it by regulating the operating modes and controlling them.

Keywords: physical and mechanical properties of plants of winter wheat, combine sheaves, mathematical model, parameters and modes of combing device.

Введение

Остающийся в нашей стране пока еще низким уровень обеспеченности сельскохозяйственных предприятий зерноуборочными комбайнами приводит к увеличению продолжительности уборочных работ до 20–30 дней, вместо рекомендуемых 8–10, и, как следствие, к потерям зерна осыпанием [1]. По результатам исследований, выполненных нами в 2014 году [2], потери зерна по двум испытываемым сортам озимой пшеницы осыпанием на 33-й день с момента достижения полной спелости составили 22 и 41 %. При этом снижается и качество зерна.

Одним из перспективных направлений совершенствования уборочного процесса является применение метода комбайнового очеса зерновых культур на корню, внедрение которого позволяет в 1,5–2,0 раза повысить производительность комбайнов, оборудованных очесывающими жатками, пропорционально сократить сроки проведения уборочных работ при снижении расхода топлива на 35–45 % и уменьшить потери зерна осыпанием. Однако опыт использования серийно выпускаемых в настоящее время очесывающих устройств показывает, что при их внедрении реализовать потенциальные возможности технологии уборки очесом удается далеко не всегда. Чаще всего проблемы возникают из-за несоответствия параметров и режимов работы очесывающих устройств

характеристикам убираемого хлебостоя, а также из-за отсутствия четких рекомендаций, на основе которых можно было бы осуществлять необходимые регулировки и оперативно управлять процессом очеса. Для их решения необходимо иметь подробную информацию об особенностях протекания процесса очеса, реализуемого очесывающими устройствами, а также о физико-механических характеристиках обмолачиваемых растений. Однако процесс очеса принципиально отличается от работы традиционных жаток. При уборке очесом необходимо создать условия, при которых не все растение, а лишь его колос попадал бы в рабочую зону, параметры которой определяются диаметром очесывающего барабана, зазором между ним и обтекателем, их взаимным расположением и положением жатки относительно поверхности поля. Из перечисленных параметров первые два конструктивные, а два последних могут изменяться в процессе эксплуатации. Но конструкции очесывающих жаток выполнены так, что кроме взаимодействия растений с обтекателем визуально наблюдать за движением материала практически невозможно.

Для более глубокого осмысления процесса очеса нами была разработана лабораторная установка, имитирующая работу одно- и двухбарабанного очесывающих устройств [3]. Реализуя процесс очеса на установке, нам удалось выделить три зоны потерь, схемное расположение которых при однобарабанном варианте приведено на рис. 1. Потери зерна в первой зоне возникают от удара соцветий растений о надвигающуюся на них наружную поверхность обтекателя, а при дальнейшем движении по ней – за счет сил трения [4]. Другая причина потерь зерна на обтекателе – захлестывание колоса с последующим его отрывом и падением на землю или выдергиванием всего растения. Это имеет место тогда, когда длина стебля растения достаточно велика, жесткость мала, и наиболее вероятно, если наружная поверхность обтекателя выполнена выпуклой в направлении по ходу движения агрегата при небольшом радиусе кривизны. При этом колос и стебель плотно прилегают к поверхности обтекателя, и при дальнейшем его движении отрыв или выдергивание растения происходит под действием сил трения.

Растения, попавшие в зону очеса после схода с обтекателя, контактируют с очесывающими зубьями барабана, где происходит

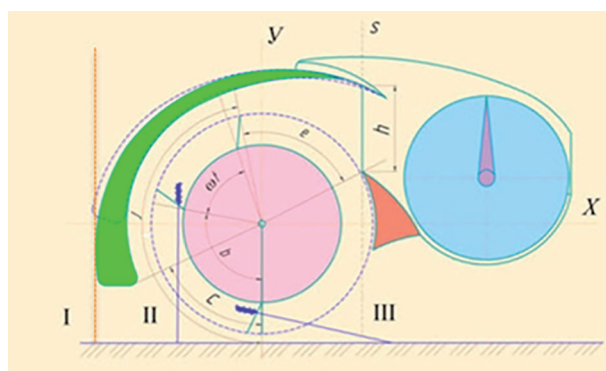


Рис. 1. Зоны потерь и взаимодействия очесываемого растения и продуктов очеса с рабочими органами очесывающей жатки:

I – зона потерь при взаимодействии колоса растения с наружной поверхностью обтекателя; II – зона потерь выбрасыванием вперед по ходу жатки; III – зона потерь проходом через зазор между барабаном и ложем шнека; b – угол начала очеса; ωt – угол поворота зуба с зерновкой; e – угол движения зерновки по транспортирующему каналу; h – ширина канала в сечении S

собственно очес соцветия или его отрыв от стебля. Если сила удара по соцветию недостаточна, произойдет его недоочес, либо зерно или оторванное от стебля соцветие получит импульс, недостаточный для прохождения по транспортирующему каналу участка до сечения S , и будет потеряно во второй или третьей зоне. Потери во второй зоне могут возникнуть также, если траектория движения выделенного зерна или соцветия будет располагаться ниже нижней кромки обтекателя [5]. Если зерно, двигаясь по транспортирующему каналу жатки, контактирует с его внутренней поверхностью, а вектор скорости зерна при этом наклонен так, что его направленная вверх вертикальная проекция по модулю меньше скорости витания, то, в зависимости от места контакта, оно либо будет двигаться вниз во вторую зону потерь, либо произойдет затягивание материала в промежуток между зубьями барабана и наружной поверхностью передней стенки ложа шнека, что соответствует третьей зоне потерь [6].

Для изучения механизма взаимодействия убираемых растений с рабочими органами очесывающих жаток и разработке на его основе методов обоснования параметров и режимов их работы нами была предложена математическая модель, логическая схема которой показана на рис. 2, а ее более подробное изложение и этапы развития приведено в работах [4–7].

Предложенная модель представляет последовательную совокупность аналитических зависимостей, описывающих взаимодействие очесываемых растений с рабочими органами жатки, начиная с их контакта с обтекателем, после схода с него, с зубьями очесывающего барабана и движение продуктов очеса в транспортирующем канале.

Последовательность решения уравнений осуществляется в соответствии с последовательностью описываемых ими операций. Данные, полученные при решении уравнений, описывающих предыдущую операцию, являются исходными для уравнений, описывающих последующую операцию. Решение выполняется численными методами в пакетах программ-решателей. Для получения на модели результатов решений о параметрах и режимах процесса очеса при заданных параметрах и режимах очесывающего устройства необходимо иметь информационную базу о следующих физико-механических характеристиках растений, входящих в систему уравнений:

- длина растения, стебля, соцветия и их варьирование в пределах куста, ширины захвата жатки, убираемого массива;
- усилие, необходимое для разрыва стебля;
- зависимость силы сопротивления стебля изгибу от угла его наклона;
- величина усилия, необходимого для отрыва чешуйки или зерновки от соцветия;
- коэффициент трения компонент вороха по рабочим поверхностям очесывающего устройства;
- коэффициент восстановления зерна;
- коэффициент парусности компонент вороха;
- масса каждой составляющей компонент вороха.

Знания отдельных из перечисленных выше характеристик растений необходимы также для регулировки и оперативного управления очесывающего устройства, работающего в условиях конкретного поля. Обычно это внешние признаки, которые могут быть оценены визуально, такие как высота растений, их стеблей, размеры и форма колоса, по которой можно судить о степени наполнения его зерном.

Из работ [8, 9] известно, например, что перечисленные выше характеристики возделываемых культур подвержены достаточно широким колебаниям в зависимости как от сорта, так и в его пределах, от продолжительности пребывания созревшего растения на корню, погодных условий, типа почв, агротехники возделыва-



Рис. 2. Логическая схема математической модели процесса очеса зерновых культур однобарабанной жаткой

ния. К сожалению, найти достаточно полную информацию о перечисленных выше характеристиках видов зерновых культур и их сортов не представлялось возможным. Систематизированные данные приведены в справочной литературе [10, 11] для конструкторов сельскохозяйственных машин, однако они устарели вследствие многократной замены возделываемых в настоящее время сортов зерновых культур. Учитывая, что от 60 до 70 % посевных площадей, засеваемых в нашей стране зерновыми колосовыми, заняты под озимой пшеницей, при уборке которой формируется пиковая потребность в зерноуборочных комбайнах, и ввиду ограниченных ресурсов, необходимых для изучения характеристик растений и других зерновых культур, первостепенное внимание уделено именно этой культуре. Так как объем материалов, полученных при изучении перечисленных выше характеристик растений озимой пшеницы, значителен, в данной статье приведены только результаты исследований по определению степени варьирования длины растений и оценки их влияния на качество уборки комбайновым очесом.

Цель исследования

Цель исследований – определение степени влияния морфологических признаков: длины растений, их стеблей, колосьев озимой пшеницы, выращенной в условиях южной подзоны Ростовской области, на выбор режимов работы очесывающей жатки.

Материалы и методы

Сбор материала для исследований проводили на «Опытном поле института», представляющем севооборот общей площадью пашни 700 га, в течение шести лет. Отбор проб растений осуществляли с полей, занятых под озимой пшеницей. Изучение варьирования длины растения, стебля и колоса озимой пшеницы выполняли по двум вариантам, используя две различных методики отбора проб, описанные в работах [12, 13]. Первый вариант отбора проб выполняли по «упрощенному способу» [13] (рис. 3) на поле, засеянном озимой пшеницей сорта «Зерноградка-11». По второму пробы брали со специально выделенного участка размером 38,5х7 м. Вторую методику применяли с целью объединения мест отбора проб, как для определения геометрических характеристик растений, так и для изучения ди-

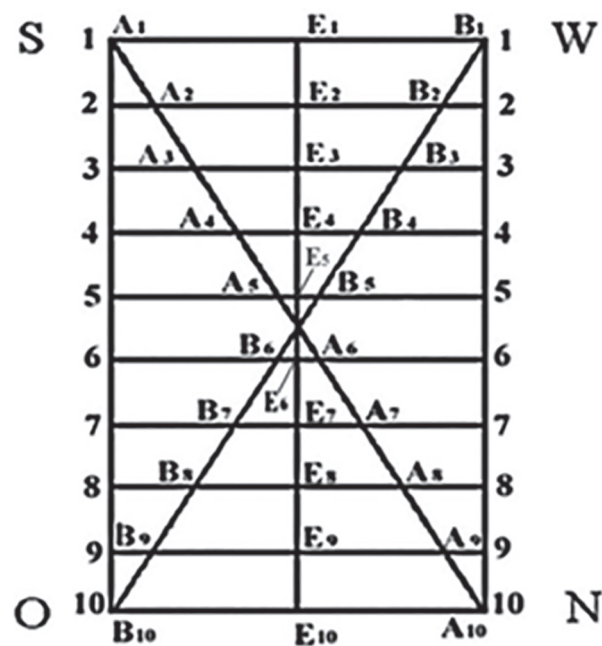


Рис. 3. Схема отбора проб растений озимой пшеницы по упрощенному способу

намики потерь зерна осыпанием и снижения его качества от продолжительности его пребывания в стадии полной спелости на корню. Размещение вариантов осуществляли по методу рандомизированного латинского прямоугольника. Третью методику применяли при изучении характеристик растений, выросших в одном кусте. Несмотря на название первый метод самый трудоемкий, но при его использовании удастся получить наиболее подробную картину о степени выровненности (ярусности) по высоте растений на поле. Пробы брали с 30 равноудаленных по длине поля площадок, размером 0,5х0,5 м, расположенных на диагоналях и его центральной линии. Срез растений осуществляли на уровне почвы. Срезанные растения увязывали в снопы, к которым привязывали таблички с указанием принадлежности к месту взятия проб, укладывали их в прозрачные пластиковые мешки. Измерения проводили в лабораторных условиях.

Все замеры выполняли по каждому растению, принадлежащему определенному снопу. Результаты измерений заносили в таблицы Excel, где и осуществляли статистическую обработку данных. Данные, полученные в результате определения размеров растений, находящихся в каждой из 30 проб, обрабатывали по каждой пробе в отдельности.

Оценку влияния варьирования геометрических характеристик растений на качество

функционирования жатки проверяли путем моделирования процесса очеса растений озимой пшеницы с характеристиками проб, взятых на участках A_6 и B_{10} , имеющих максимальные различия значений. Для иллюстраций, представленных на рис. 5–7, моделировали ситуации в масштабах, обеспечивающих реальное соотношение размерных параметров объектов.

Результаты и обсуждение

На рис. 4 приведены зависимости средних значений высоты растений озимой пшеницы от их расположения по длине и диагоналям поля для проб, взятых на участках, расположенных в точках пересечения средней линии и диагоналей с линиями, проходящими поперек поля с интервалом 80 м.

Визуальный осмотр показал, что края поля расположены в низинах, в результате чего высота растений здесь существенно выше, чем в его центре. Осмотр и пробные замеры, выполненные нами также на ряде других полей показали, что общая тенденция по ярусности хлебостоя наблюдается на каждом поле. Это вызывается целым рядом причин, связанных с рельефом конкретного поля, расположением лесозащитных полос, неравномерностью внесения органических и минеральных удобрений и другими факторами. Более подробно с полученными в результате исследований статистическими характеристиками растений, собранных с каждого из 30 участков, можно ознакомиться в работе [14].

Влияние геометрических параметров убираемого хлебостоя на режимы работы очесывающего устройства рассмотрим на примере данных, полученных на участках A_6 и B_{10} , статистические характеристики которых имеют максимальные отличия как по средним значениям, так и по степени их разброса.

Так как в соответствии с агротребованиями на выполнение уборки зерновых колосовых культур зерноуборочным комбайном суммарные потери зерна за ним не должны превышать 2 %, то очевидно, что максимальные и минимальные значения длины растений озимой пшеницы следует определять по правилу $\bar{X} \pm 3\sigma$. В этом случае 99,7 % всех наблюдений гарантированно обеспечивают соблюдение условий, изложенных в работах [5, 7], в соответствии с которыми определяют предельные размеры наружной плоскости обтекателя при различных профилях ее исполнения, а также распо-

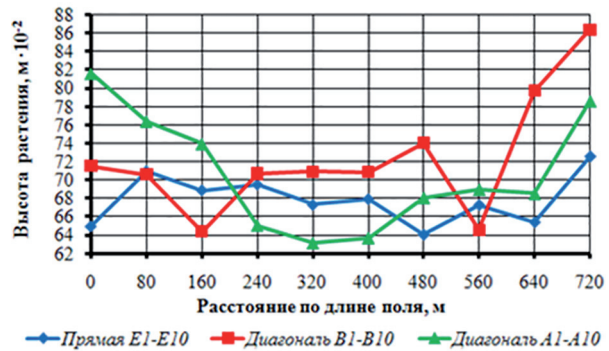


Рис. 4. Изменение средних значений высоты растения озимой пшеницы по длине и по диагоналям поля

ложение ее нижней кромки и очесывающего барабана относительно поверхности убираемого массива. При соблюдении этого правила для статистических характеристик растений, взятых на участке B_{10} , равных $(0,863 \pm 3 \times 0,124)$ м, диапазон между минимальным и максимальным значениями ограничивается интервалом 0,488–1,235 м, а разность между ними составляет 0,747 м. Диапазон между минимальным и максимальным значениями высоты растений, собранных на участке A_6 , находится в интервале 0,331–0,943 м при разности в 0,612 м.

Рассмотрим ситуацию, когда регулировку параметров жатки осуществляют один раз (рис. 5 и 6) перед началом работы на конкретном массиве, в нашем случае – с параметрами хлебостоя, аналогичными представленным на рис. 4.

Чтобы исключить потери зерна на этом массиве, необходимо регулировку выполнить исходя из характеристик растений, пробы которых брали на участке A_6 .

Такая ситуация часто складывается в реальных условиях эксплуатации по целому ряду причин. Установлено [5], что

$$h_{\text{обр}} = h_2 \leq h_{\text{нб}} = r + l \cos P_0 + h_3, \quad (1)$$

где $h_{\text{обр}}$ – высота положения нижней кромки обтекателя, м; h_2 – длина стебля минимального по высоте растения, м; $h_{\text{нб}}$ – высота положения центра очесывающего барабана относительно поверхности поля, м; h_3 – расстояние между поверхностью поля и концами зубьев барабана (ограничено минимально допустимым зазором, исключающим контакт зубьев с почвой), м; l – длина очесывающего зуба, м; r – радиус корпуса барабана, м; P_0 – угол наклона зуба, рад.

В соответствии с работами [5, 7], а также результатами испытаний, проведенных на лабо-

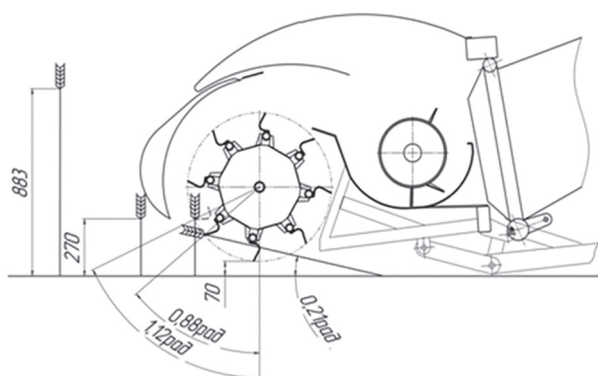


Рис. 5. Очес растений из пробы, взятой на убираемом массиве в точке A_6

раторной установке [3], нижняя кромка обтекателя жатки должна располагаться на минимальном уровне высоты крепления колоса к стеблю растения и в данном случае составлять 0,27 м. При этом уменьшается вероятность захлестывания растений максимальной длины на обтекателе, но возрастает вероятность выбрасывания их зерен вперед по ходу жатки. Поясним это на примере, моделируя ситуацию, представленную на рис. 5.

Стебель растения минимальной длины, за вычетом средней длины колоса, составит 0,27 м. Точка начала контакта зубьев с нижней частью колоса определится из выражения (1) и будет расположена ниже центра барабана на 0,15 м, а угол начала очеса β будет близок к 1,12 рад, что с большой вероятностью обеспечивает его очес и забрасывание очесанного зерна под обтекатель. Угол наклона к поверхности почвы растения максимальной длины составит 0,21 рад. Из рисунка видно, что основной

контакт колоса растения максимальной длины произойдет со следующим зубом. При его перемещении по дуге, длина которой 0,265 м, жатка переместится на 0,04 м, что приведет к изменению угла начала очеса от 0,88 до 0,49–0,53 рад и уменьшению угла наклона стебля к горизонту. При таком положении растений максимальной длины резко возрастает вероятность выброса очесанных зерен вперед по ходу барабана в первую и вторую зоны. Снизить вероятность выброса очесанных зерен можно, если очесывающие граблины повернуть вперед по ходу вращения барабана (рис. 6).

Представленные на рисунке траектории построены по результатам решения численным методом системы уравнений движения зерен после их схода с зуба [7]. Как видно из рисунка, изменение угла наклона граблин позволит обеспечить попадание зерен, очесанных с колоса растения максимальной длины, в транспортирующий канал жатки. Однако при движении зерен по новой траектории их путь длиннее по сравнению с движением зерен, выделенных из колосьев растений минимальной длины. Возникает вероятность удара о внутреннюю поверхность обтекателя, в результате чего снизится скорость их движения. При сложившейся ситуации полученной энергии зерен окажется недостаточно для их попадания в ложе шнека, и они будут затянута в зазор между зубьями барабана и наружной стенкой ложа шнека. Для устранения этого недостатка необходимо увеличить частоту вращения барабана с помощью вариатора. На наружной стенке ложа шнека

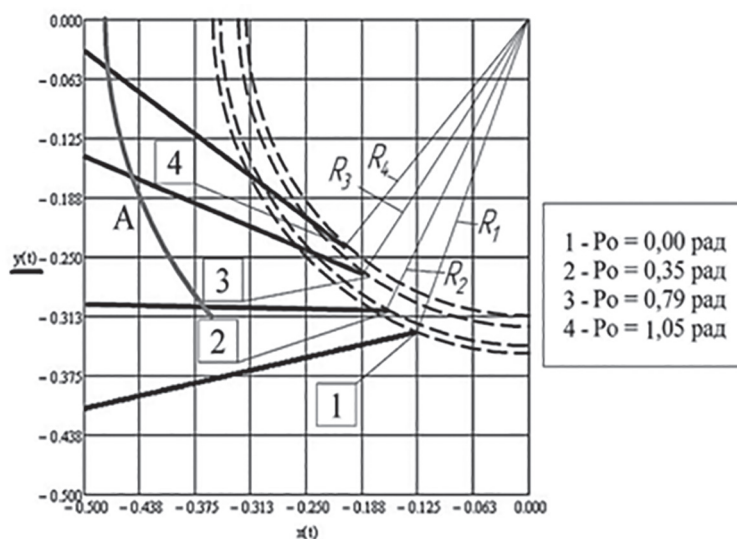


Рис. 6. Зависимости траектории движения зерна от угла наклона очесывающего зуба P_0

установлены датчики потерь. Ориентируясь на показания прибора, на котором отображаются сигналы от датчиков потерь, устанавливаются частота вращения барабана. Выполненные по описанной схеме регулировки жатки обеспечат ее качественную работу на хлебостое с характеристиками растений на участке A_6 .

Рассмотрим на примере рис. 7 расположение рабочих органов жатки и растений, выращенных на участке B_{10} , при их уборке на режимах, установленных для уборки участка A_6 , без их изменения (положение I).

Угол начала очеса минимального по высоте растения, выросшего на участке B_{10} , будет равен $1,57$ рад. Условия для очеса колоса весьма комфортные, но возникает вероятность захлестывания стебля на барабане, выдергиванию его из почвы с последующей потерей всего растения.

Растение максимальной длины при положении I в момент начала схода его колоса с наружной поверхности обтекателя будет наклонено к поверхности поля на угол $0,21$ рад, а его стебель будет подвергаться ударам о корпуса граблин, что вызовет колебания колоса и его удары об обтекатель и приведет к вымолачиванию зерна.

Чтобы избежать потерь зерна и колосьев, необходимо поднять жатку относительно поверхности поля до $0,22$ м (положение II). При этом условия очеса на участке B_{10} будут аналогичны условиям работы жатки на участке A_6 . Исчезает возможность захлестывания растения, минимального по высоте, а угол наклона стебля максимального по высоте растения к поверхности поля увеличится до $0,35$ рад. При этом сохраняется прочес стебля зубьями, но это обычно не приводит к вытряхиванию зерен из колоса. Угол начала очеса максимального по высоте растения в положении II будет близок по значению углу начала очеса максимального по высоте растения в положении I, а следовательно, должны быть сохранены регулировки частоты вращения барабана и угла наклона очесывающих зубьев.

Выводы

1. Высокая степень ярусности (невывороченности по высоте растений) убираемого хлебостоя является одной из основных характеристик растений, оказывающих существенное влияние на величину потерь зерна. Для снижения величины потерь зерна в конструкцию

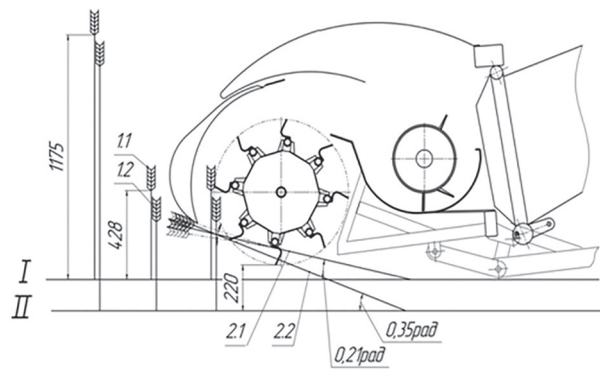


Рис. 7. Очес растений из пробы, взятой на убираемом массиве в точке B_{10}

очесывающей жатки устройства необходимо внести изменения, обеспечивающие:

- регулировку положения обтекателя его поворотом относительно очесывающего барабана;
- бесступенчатое изменение частоты вращения барабана с устройством контроля потерь;
- изменение положения очесывающего барабана с устройством визуального контроля высоты относительно поверхности почвы;
- изменение угла наклона очесывающих зубьев.

2. Для эффективного применения разработанных устройств и механизмов, реализованных в конструкции жатки, необходимо знание о степени неравномерности хлебостоя на убираемом массиве, достаточный уровень которого можно обеспечить с известной степенью точности при небольшом количестве замеров и визуальном выделении хотя бы двух участков на убираемом массиве, максимально отличающихся длиной растений, их стеблей и колосьев.

Литература

1. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. II. Нормативно-справочный материал. М.: МСХ и П РФ, 1998. 251 с.
2. Бурьянов А.И., Бурьянов М.А., Костыленко О.А. Результаты исследований по определению влияния продолжительности проведения уборки на величину биологических потерь зерна // Техника и оборудование для села. 2015. № 11 С. 11–14.
3. Бурьянов М.А., Червяков И.В. Методы и средства определения величины потерь зерна при уборке зерновых колосовых культур очесывающей жаткой // Разработка инновационных тех-

нологий и технических средств для АПК: сб. научных трудов 8-й Международной научно-технической конференции. Зерноград: ВНИПТИ-МЭСХ, 2013. С. 134–140.

4. Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Костыленко О.А. Методика обоснования параметров обтекателя однобарабанной очесывающей жатки // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. С. 19–23.
5. Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Костыленко О.А. Методика математического моделирования взаимодействия растений зерновых культур с очесывающим барабаном жатки // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 9. С. 19–22.
6. Бурьянов М.А., Бурьянов А.И., Червяков И.В. Методика математического моделирования процесса движения зерна в транспортирующем канале очесывающей жатки // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 10. С. 27–30.
7. Бурьянов, М.А. Параметры и режимы процесса очеса зерновых культур навесной на комбайн жаткой: дис. ... канд. техн. наук. Зерноград, 2011. 184 с.
8. Ганеев В.А. Устойчивость к осыпанию. URL: <http://fitonsemena.ru/page/page155.html> (дата обращения 09.12.2014).
9. Структура урожая озимой пшеницы: Земледелие от «А» до «Я». URL: <http://raceehrono.ru/vidy-parov/4403-struktura-urozhaya-ozimoy-pshenicy.html>. (Дата обращения 09.12.2014).
10. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 2 т. Т. 1 / Под ред. А.В. Красниченко. М.: Машгиз, 1962. 655 с.
11. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 2 т. Т. 2 / под ред. А.В. Красниченко. М.: Машгиз, 1962. 862 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
13. Воронюк Б.А., Пьянков А.И., Мильцева Л.В. и др. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. М.: Колос, 1970. 423 с.
14. Бурьянов А.И., Бурьянов М.А., Костыленко О.А. Исследование морфологических и физико-механических свойств растений озимой пшеницы, определяющих параметры и режимы работы уборочных машин // Ресурсосберегающие технологии: возделывание и переработка сельскохозяйственных культур: сб. научных трудов Международной научно-технической конференции: «Ресурсосберегающие технологии и инновационные проекты в АПК» (14–15 апреля 2009 г., Зерноград). Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2009. С. 209–215.

References

1. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Ch. II. Normativno-spravochnyy material [Methods for determining the economic efficiency of technology and agricultural machinery. Part II. Reference material]. Moscow: MSKh i P RF Publ., 1998. 251 p.
2. Bur'yanov A.I., Bur'yanov M.A., Kostylenko O.A. The results of studies to determine the effect of the duration of harvesting on the magnitude of biological losses of grain. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2015. No 11, pp. 11–14 (in Russ.).
3. Bur'yanov M.A., Chervyakov I.V. Methods and means for determining the magnitude of grain losses during the harvesting of grain crops of stripping crops by a combing header. Razrabotka innovatsionnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv dlya APK: sb. nauchnykh trudov 8-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Development of innovative technologies and technical means for agroindustrial complex: coll. of scientific works of the 8th International Scientific and Technical Conference]. Zernograd: VNIPTIMESKh, 2013, pp. 134–140 (in Russ.).
4. Bur'yanov M.A., Bur'yanov A.I., Kostylenko O.A. The method of justifying the parameters of the fairing of a single-drum combing header. Traktory i sel'khoz mashiny. 2015. No 7, pp. 19–23 (in Russ.).
5. Bur'yanov M.A., Bur'yanov A.I., Kostylenko O.A. The method of mathematical modeling of interaction of plants of grain crops with a combing reel drum. Traktory i sel'khoz mashiny. 2015. No 9, pp. 19–22 (in Russ.).
6. Bur'yanov M.A., Bur'yanov A.I., Chervyakov I.V. Method of mathematical modeling of the process of grain movement in the transport channel of the combing header. Traktory i sel'khoz mashiny. 2015. No 10, pp. 27–30 (in Russ.).
7. Bur'yanov, M.A. Parametry i rezhimy protsessa ochesa zernovykh kul'tur navesnoy na kombayn zhatkoy: dis. ... kand. tekhn. nauk [Parameters and regimes of the process of combing grain crops hinged on the combine harvester: dissertation for degree of Candidate of Technical Sciences]. Zernograd, 2011. 184 p.
8. Ganeev V.A. Resistance to shattering (in Russ.). URL: <http://fitonsemena.ru/page/page155.html> (accessed 09.12.2014).
9. Structure of the harvest of winter wheat: Agriculture from «A» to «Z» (in Russ.). URL: <http://raceehrono.ru/vidy-parov/4403-struktura-urozhaya-ozimoy-pshenicy.html>. (accessed 09.12.2014).

10. Spravochnik konstruktora sel'skokhozyaystvennykh mashin [Reference book of the designer of agricultural machines]: v 2 t. Vol. 1. Pod red. A.V. Krasnichenko. Moscow: Mashgiz Publ., 1962. 655 p.
11. Spravochnik konstruktora sel'skokhozyaystvennykh mashin [Reference book of the designer of agricultural machines]: v 2 t. Vol. 2. Pod red. A.V. Krasnichenko. Moscow: Mashgiz Publ., 1962. 862 p.
12. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Al'yans Publ., 2014. 351 p.
13. Voronyuk B.A., P'yankov A.I., Mil'tseva L.V. i dr. Fiziko-mekhanicheskie svoystva rasteniy, pochv i udobreniy [Physical and mechanical properties of plants, soils and fertilizers]. Moscow: Kolos Publ., 1970. 423 p.
14. Bur'yanov A.I., Bur'yanov M.A., Kostylenko O.A. Investigation of morphological and physicomechanical properties of winter wheat plants that determine the parameters and operating modes of harvesting machines. Resursosberegayushchie tekhnologii: vozdeleyvanie i pererabotka sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: sb. nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii: «Resursosberegayushchie tekhnologii i innovatsionnye proekty v APK» (14–15 aprelya 2009 g., Zernograd) [Resource-saving technologies: cultivation and processing of agricultural crops: coll. of scientific works of the International scientific and technical conference: «Resource-saving technologies and innovative projects in the agro-industrial complex» (April 14–15, 2009, Zernograd)]. Zernograd: VNIPTIMESKh Publ., 2009, pp. 209–215 (in Russ.).