DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-38-43
УДК 631.554

В. С. Пьянов, В. Х. Малиев, Л. И. Высочкина, М. В. Данилов

Ryanov V. S., Maliev V. Kh., Vysochkina L. I., Danilov M. V.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУТОЧНОГО СБОРА ЗЕРНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПОВ УБОРКИ

METHOD OF CALCULATION OF DAILY GRAIN HARVEST DEPENDING ON HARVEST PACE

Представлен метод расчета валового сбора зерна, основанный на суточном темпе уборки с учетом потерь зерна от осыпания. Обобщены результаты наблюдений за осыпаемостью трех сортов озимого ячменя и пшеницы. Выявлено, что для всех сортов ячменя характерен двухфазный период осыпания зерна: в течение первой недели стояния на корню динамика потерь осыпавшегося зерна аппроксимируется экспоненциальной зависимостью, а начиная с 9 дня – линейной. У всех сортов озимой пшеницы динамика потерь зерна от осыпания примерно одинаковая, составляет примерно 1,1 % в день.

Приведены исследования о степени влияния осыпемости озимого ячменя и озимой пшеницы тех же сортов в зависимости от изменения температуры. Продолжительность минимальных потерь от естественного осыпания у ячменя больше, чем у пшеницы, хотя температура воздуха была довольно высокой 32–37 °С. Минимумы и максимумы осыпания зерна не всегда совпадают с минимумами и максимумами на кривой, отображающей суточные изменения температуры воздуха, заметно некоторое запаздывание процесса осыпания зерна.

Сформирована общая математическая модель расчета валового сбора зерна с учетом динамики потерь от осыпания и механических потерь, связанных с техническим состоянием комбайна при ширине захвата и скорости движения. Полученные результаты позволят заблаговременно рассчитать темп уборки с учетом оптимальных агротехнических сроков и суммарных объемов уборочных площадей, сформировать парк комбайнов с учетом их пропускной способности и суточной производительности.

The article proposes a method for calculating the gross grain harvest, based on the daily rate of harvesting taking into account the loss of grain from sloughing. The results of observations of the variability of three varieties of winter barley and wheat are summarized. It has been revealed that a two-phase period of grain sloughing is characteristic for all barley varieties: during the first week of standing on the root, the dynamics of losses of crumbled grain is approximated by an exponential dependence and starting from day 9 – linear. In all varieties of winter wheat, the dynamics of grain losses from sloughing are approximately the same, is approximately 1.1 % per day.

Studies are carried out on sloughing of grain of winter barley and winter wheat susceptibility of the same varieties as a function of temperature changes. The duration of minimal losses from natural sloughing in barley is greater than that of wheat, although the air temperature was quite high 32–37 °C. The minimum and maximum of grain sloughing do not always coincide with the minimum and maximum on the curve showing the diurnal changes in air temperature, it is noticed some delay in the sloughing process of grain.

A general mathematical model for calculating the gross grain harvest has been developed, taking into account the dynamics of sloughing losses and mechanical losses associated with the technical state of the combine with the width of the gripper and the speed of movement. The obtained results will allow to calculate in advance the rate of harvesting taking into account the optimal agrotechnical terms and total volumes of harvesting areas, to form a fleet of combines taking into account their throughput and daily productivity.

Ключевые слова: динамика потерь, зерно, суточный сбор, уборка, темп.

Key words: dynamics of losses, grain, daily harvest, harvest, pace.

Пьянов Виктор Сергеевич –
доктор технических наук, доцент
кафедры процессов и машин в агробизнесе
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный
аграрный университет»
г. Ставрополь
Тел.: 8-961-44-47-778
E-mail: pianov777@list.ru

Ryanov Victor Sergeevich –
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Processes and Machines
in Agribusiness
FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University»
Stavropol
Tel.: 8-961-44-47-778
E-mail: pianov777@list.ru

Малиев Владимир Хамбиевич –
доктор технических наук, профессор
кафедры процессов и машин в агробизнесе
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный
аграрный университет»
г. Ставрополь
Тел.: 8-905-49-64-593
E-mail: vladimir_maliev@mail.ru

Maliev Vladimir Khambievich –
Doctor of Technical Sciences, Professor
of the Department of Processes and Machines
in Agribusiness
FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University»
Tel.: 8-905-49-64-593
E-mail: vladimir_maliev@mail.ru

Высочкина Любовь Игоревна –
кандидат технических наук, доцент
кафедры процессов и машин в агробизнесе
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный
аграрный университет»
г. Ставрополь
Тел.: 8-961-48-30-799
E-mail: lubasha_vis_67@list.ru

Vysochkina Lyubov Igorevna –
Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Processes and Machines
in Agribusiness
FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University»
Stavropol
Tel.: 8-961-48-30-799
E-mail: lubasha_vis_67@list.ru

Данилов Михаил Владимирович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой процессов и машин в агробизнесе ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» г. Ставрополь
Тел.: 8-903-41-85-075
E-mail: danilomaster80@mail.ru

Danilov Mikhail Vladimirovich – Ph.D of Technical Sciences, Head of the Department of Processes and Machines in Agribusiness FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University» Stavropol
Tel.: 8-903-41-85-075
E-mail: danilomaster80@mail.ru

Важным направлением развития сельского хозяйства является наращивание объемов производства зерна [1]. Валовое производство зерна зависит от таких факторов, как площадь посева и урожайность сельскохозяйственной культуры. В свою очередь каждый из этих факторов зависит от ряда взаимосвязанных параметров. Так, посевная площадь, отводимая под возделывание зерновых культур, зависит от наличия земельных, материально-технических и трудовых ресурсов, от экономических показателей. Урожайность зерна зависит от агроклиматических условий, от научно обоснованной технологии и организации выполнения полевых работ. Для проведения успешной уборочной кампании, для формирования парка уборочной техники, транспорта и организации грузопотока необходимо знать потенциально возможный валовый сбор зерна и контролировать потери урожая. Нами предлагается метод расчета валового сбора зерна, основанный на суточном темпе уборки с учетом потерь зерна, позволяющий определить валовый сбор зерна как сумму среднесуточных сборов [2]. Среднесуточные сборы в течение уборочного периода меняются в зависимости от метеоусловий, технического состояния и наличия техники, сроков созревания убираемой культуры, организационных моментов.

В соответствии с агротехническими требованиями вне зависимости от площади S_0 уборка продолжается в течение нескольких дней с постепенным уменьшением неубранного массива.

В 1-й день уборки общий намолот (W_0) и урожайность зерна (y_0) достигают максимального значения, так как потери от осыпания в 1-й день минимальны. На 2-й день из-за осыпания зерна урожайность на остаточной площади уже будет меньше. На 3-й день – ещё меньше и т. д. Осыпавшееся зерно – это невозвратимые его потери, которые при неправильной организации уборочных работ могут достигать около 50 % от планируемого исходного урожая. Нами были проведены наблюдения за тремя сортами озимого ячменя (рис. 1) и тремя сортами озимой пшеницы (рис. 2) в колхозе «Россия» Новоалександровского района Ставропольского края с использованием разработанной нами методики определения потерь [3].

Из анализа данных выявлено, что на 10-й день уборки озимой пшеницы потери урожая составили от 10 до 15 %, озимого ячменя – от 13 до 18 % от исходного урожая, т. е. интенсивность осыпания зерна озимого ячменя в среднем в 1,2–1,5 раза больше, чем у обследуемых сортов пшеницы.

Изучению вопросов осыпаемости зерна посвящено много работ [4, 5, 6], однако указанные исследования проведены много лет назад на районированных в то время сортах и при урожайности зерна менее 3,0 т/га [2].

Рисунок 1 – График динамики потерь зерна озимого ячменя

Рисунок 2 – График динамики потерь зерна озимой пшеницы:
сорта: 1 – Станичная, 2 – Память, 3 – Ермак

Рисунок 3 – График изменения степени осыпания ячменя в зависимости от температуры
окружающего воздуха

Рисунок 4 – График изменения степени осыпания пшеницы в зависимости от температуры
окружающего воздуха

Считается, что с повышением температуры окружающего воздуха происходит увеличение испарения влаги из хлебной массы, влажность зерна уменьшается, оно хуже держится на плодоножке, и как следствие увеличиваются потери зерна от осыпания. Нами проведены исследования степени влияния осыпавости озимого ячменя и озимой пшеницы тех же сортов в зависимости от изменения температуры (рис. 3 и 4). Количество осадков за период наблюдения составило порядка 0,3–7,1 мм.

Из приведенных графиков видно, что в первые дни полной спелости осыпание зерна из колосьев минимально. При этом продолжительность минимальных потерь от естественного осыпания у ячменя больше, чем у пшеницы, хотя температура воздуха была довольно высокой – 32–37 °С. Далее на колебания количества осыпавшегося зерна влияют сорт культуры и температура окружающего воздуха. Максимальные и минимальные значения потерь зерна осыпанием не всегда совпадают с максимальными и минимальными значениями суточных изменений температуры воздуха в дни наблюдений. Имеется небольшое запаздывание процесса осыпания зерна от процесса нарастания температуры окружающего воздуха [2].

В первую неделю уборки динамика потерь осыпавшегося зерна озимого ячменя аппроксимируется экспоненциальной зависимостью вида $y = ae^{bx}$, а далее – зависимостью линейного вида $y = a_1x + b_1$.

У озимой пшеницы потери зерна от осыпания приблизительно одинаковые, составляют порядка 1,1 % в день и аппроксимируются линейной зависимостью $y = 1,13T - 0,4$ при коэффициенте адекватности 0,98.

С целью эффективной организации уборочных работ необходимо заблаговременно рассчитывать темп уборки с учетом оптимальных агротехнических сроков уборки и суммарных объемов уборочных площадей.

Суточный темп уборки определяется исходя из продолжительности полного уборочного периода, а интенсивность осыпания зерна зависит от биологических потерь и общего валового сбора.

Таким образом, общий валовый сбор зерна определяется как сумма валовых сборов зерна за каждый день уборки с учетом потерь.

$$W_{\phi} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n. \quad (1)$$

При разработке алгоритма формирования общего валового сбора зерна (рис. 5) приняты допущения:

- производительность комбайна определялась с учетом коэффициента использования времени смены $K_{\text{экс}}$;
- урожайность зерна с учетом осыпания взята по данным исследований для конкретного хозяйства после каждого дня уборки;

- механические потери зерна приняты как нормативные, не более 2 % [7, 8];
- время работы комбайнов в течение суток принято одинаковым.

Принятые допущения не нарушают процесс работы комбайнов в реальных условиях эксплуатации, а отчасти даже способствуют повышению точности оценки результатов их работы, в целом упрощая математические выкладки [9].

Потенциально возможный валовый сбор зерна перед началом уборки W_0 можно определить из выражения

$$W_0 = S_0 \cdot y_0, \quad (2)$$

где S_0 – начальная площадь уборки, га;
 y_0 – начальная урожайность зерна перед началом уборки, т/га.

Ежедневный темп уборки равен

$$t_y = N_k \cdot W_{\text{э.к}} \cdot T_c,$$

где N_k – количество комбайнов, шт.;
 $W_{\text{э.к}}$ – производительность комбайна, га/ч;
 T_c – часы работы в сутки, ч/сутки.
Убранный площадь за 1-й день уборки

$$S_1 = N_k \cdot W_{\text{э.к}1} \cdot T_1.$$

Валовый сбор зерна W_1 с площади S_1

$$W_1 = S_1 \cdot y_1 = S_1 \cdot \frac{T_1}{24} \cdot f_1(y_0; T_{y0}) \cdot y_0,$$

где y_1 – урожайность зерна в 1-й день уборки, т/га

Следовательно, в последний день уборки

$$S_n = N_k \cdot W_{\text{э.к}} \cdot T_n;$$

$$W_n = S_n \cdot y_n = S_n \cdot \frac{T_n}{24} \cdot [y_{n-1} - y_0 f_n(y_0; T_{y0})],$$

или

$$S_i = N_k \cdot \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{\text{экс}} \cdot T_c}{(1 + \alpha_{\phi}) \cdot y_i} \cdot T_c,$$

где q_k – пропускная способность комбайна, кг/с;
 α_{ϕ} – отношение массы соломы к массе зерна;
 y_i – текущее значение урожайности зерна, т/га;
 $K_{\text{экс}}$ – коэффициент использования времени смены.

$$y_i = f_i(y_0; T_{y0}).$$

Общая математическая модель расчета валового сбора зерна с площади S_0 с учетом динамики потерь от осыпания и механических потерь, связанных с техническим состоянием комбайна при ширине захвата B_p и скорости движения V_k , имеет следующий вид:

$$W_{\phi}^H = 0,98 \sum_{i=1}^{n=T_{y0}} N_k \cdot \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{\text{экс}} \cdot T_c \cdot (1 - \Pi_n)^{\alpha(T_{y0}-1)}}{(1 + \alpha_{\phi})}, \quad (3)$$

где α – коэффициент размерности, 1/сутки.

Рисунок 5 – Алгоритм формирования валового сбора зерна за период уборки (Π_n – потери зерна от осыпания после каждого дня уборки, т/га)

Формула (3) имеет практическую направленность, так как в ней учитывается класс комбайна по пропускной способности, а также его суточная производительность.

К каждому классу комбайна можно подобрать соответствующую комплектацию жаткой и выбрать рабочую его скорость, так как эти параметры взаимосвязаны [10].

Из формул (1), (2) и (3) следует:

$$\frac{W_{\phi}^H}{W_o} = \frac{0,98}{S_0 \cdot y_0} \sum_{i=1}^{T_{yb}} N_k \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{экс} \cdot T_c \cdot (1 - \Pi_n)^{\alpha(T_{yb}-1)}}{(1 + \alpha_{\phi})} \cdot (4)$$

Для практических расчетов уточняется динамика потерь зерна от осыпания $f(y_0; T_{yb})$ в реальных условиях хозяйства. После чего для известных значений S_0, y_0, N_k, q_k, T_c можно определить структуру комбайнового парка так, чтобы уборка выполнялась строго в агротехнические сроки.

Литература

1. Корнеев Г. В. Урожай, посевные, продуктивные и технологические качества зерна озимой пшеницы и ржи в связи со сроками и способами уборки : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Харьков, 1965. 44 с.
2. Пьянов В. С. Крупнотоварное производство зерна : моногр. Ставрополь : АГРУС, 2014. 240 с.
3. Пат. № 2447635 Российская Федерация, А01С1/00. Способ определения потерь зерна от самоосыпания на корню / Э. В. Жалнин, В. С. Пьянов ; заявитель и патентообладатель ГНУ «ВИМ Россельхозакадемии». № 2010124580/13 ; заявл. 15.06.2010 ; опубл. 20.04.2012, Бюл. № 11. 3 с.
4. Бейлис В. М. Продолжительность проведения механизированных полевых сельскохозяйственных работ. М. : ВИМ, 2005. 164 с.
5. Кукреш Л. В. Короче период уборки – выше урожай // Сельское хозяйство Белоруссии. 1976. № 6. С. 32–34.
6. Кукреш Л. В. Урожай и качество зерна в зависимости от сроков уборки зерновых культур // Земледелие и растениеводство в Белоруссии. Минск, 1977. Вып. 21. С. 160–166.
7. Свидетельство 2014618442 Российская Федерация. Расчет суточного валового сбора зерна в хозяйстве в зависимости от темпов уборочных работ и их продолжительности : программа для ЭВМ / В. С. Пьянов, В. В. Цыбулевский, Ш. Н. Богус ; правообладатель: ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» (RU). № 2014616328 ; заявл. 01.07.2014 ; зарегистрир. 20.08.2014 ; опубл. 20.09.2014.
8. Лачуга Ю. Ф. Стратегические подходы к разработке новых технологий и техники для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельском хозяйстве // Науч. тр. XXIII Междунар. науч.-практ. конф. / ВИМ. М., 2005. 216 с.
9. Стрижевский В. И. Методы расчета и оценки эффективности уборочных комплексов машин // Труды / ГОСНИТИ. 1968. Т. 13. С. 145–163.
10. Стружкин Н. И. Технологические и технические решения интенсификации уборки и послеуборочной обработки зерна как единого производственного процесса : дис. ... д-ра техн. наук. Пенза, 2006. 447 с.

References

1. Korneev G. V. Crop, sowing, productive and technological qualities of grain of a winter wheat and rye in connection with terms and ways of cleaning : thesis for Doctor of Agricultural Sciences. Kharkiv, 1965. 44 p.
2. Pyanov V. S. Large-scale production of grain: monograph. Stavropol : AGRUS, 2014. 240 p.
3. Patent № 2447635 the Russian Federation, A01C1/00. A way of definition of losses of grain from self-fall on a root / E. V. Zhalinin, V. S. Pyanov ; applicant and patent owner SSE «All-Russian Institute of Mechanization of Russian Agricultural Academy». № 2010124580/13 ; declared 15.06.2010 ; published 20.04.2012, Bulletin № 11. 3 p.
4. Beileys V. M. The duration of the mechanized agricultural works. M. : All-Russian Institute of Mechanization, 2005. 164 p.
5. Kukresh L. V. Shorter period of stay higher yield // Agriculture of Belarus. 1976. № 6. P. 32–34.
6. Kukresh L. V. Crop and quality of grain depending on terms of cleaning of grain crops // Agriculture of Belarus. Minsk, 1977. Issue 21. P. 160–166.
7. Certificate 2014618442 the Russian Federation. Calculation of daily gross collecting grain in economy depending on rates of harvest works and their duration: program for ECM / V. S. Pyanov, V. V. Tsybulevsky, Sh. N. Bogus ; right holder: FSBEI HPE «Kuban State Agrarian University» (RU). № 2014616328 ; registered 01.07.2014 ; published 20.08.2014.
8. Lachyga Yu. F. Strategic approaches to the development of new technologies and techniques for resource saving and increasing productivity in agriculture // Proceedings of the XXIII International Scientific Conference / All-Russian Institute of Mechanization. M., 2005. 216 p.
9. Strizhevsky V. I. Methods of calculation and assessment of efficiency of harvest complexes of cars // Works / SSI «All-Russian Research Technological Institute of Repair and Operation of the Machine and Tractor Fleet of Russian Agricultural Academy». 1968. V. 13. P. 145–163.
10. Struzhkin N. I. Technology and technical solutions of an intensification of cleaning and postharvest processing of grain as uniform production : thesis for Doctor of Technical Sciences. Penza, 2006. 447 p.