

УДК 631.171:636.086.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Перекопский А.Н.

ГНУ «Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии», Санкт-Петербург, e-mail: aperekopskii@mail.ru

Работа посвящена математическому моделированию технологических операций уборочного процесса зерновых культур с помощью регулярной Марковской цепи, позволяющей выбирать рациональные варианты решений о предполагаемых темпах выполнения уборочных работ по выбранным технологиям с учетом вероятности неблагоприятных погодных условий. Предложены четыре схемы работы комплексов технических средств для сельскохозяйственных организаций молочного направления Северо-Западного региона, позволяющие заготовить: зерносенаж; фуражное зерно плющением и внесением консерванта с закладкой его на хранение; фуражное зерно с сушкой и последующим дроблением; семенное зерно.

Ключевые слова: математический метод, уборка зерна, зерносенаж, плющенное зерно, семена

MODELING OF GRAIN HARVESTING UNDER VARIOUS WEATHER CONDITIONS

Perekopskiy A.N.

North-Western Research Institute of Mechanization of Agriculture Agricultural Sciences, Saint-Petersburg, e-mail: aperekopskii@mail.ru

The article is devoted to the mathematical modeling of the process harvesting operations with the use of «regular Markov chain», which allows choosing the optimal or rational alternate solutions concerning the estimated harvest rates by selected technologies with due account of unfavorable weather conditions. Four operation patterns of machines and equipment are offered, following which the agricultural enterprises can produce grain haylage, rolled feed grain with special conserving agent added for efficient storage, dried feed grain with subsequent rolling, and seed grain.

Keywords: mathematical method, harvesting of grain crops, rolled grain, seeds

Сроки уборки зерновых культур и ее продолжительность обусловлены в основном природно-климатическими и биологическими условиями (степенью созревания и готовности к уборке). Метеорологические условия Северо-Западного региона для уборки зерновых в течение сезона постоянно ухудшаются. Более благоприятные погодные условия для уборки зерновых культур – июль и август. Уборочный сезон целесообразно начинать как можно раньше исходя из фазы созревания зерновой культуры. В период массовой уборки зерновых культур (август-сентябрь) в Северо-Западном регионе выпадает значительное количество осадков (150-170 мм), а относительная влажность воздуха составляет 70-85 % при сравнительно низкой температуре (+10-+15 °C). Каждый шестой год уборка в регионе проходит в ранние сроки, в каждый второй – в средние и каждый третий – поздние, т.е. из шести лет один год будет с ранними сроками уборки, три года – со средними и два с поздними [1].

Увеличения периода уборки можно достигнуть за счет внедрения технологий заготовки зерносенажа [2] и уборки зерна на плющение с последующим консервированием [3], которые проводятся в период молочно-восковой и восковой спелости. Несмотря на то, что технологии заготовки

зерносенажа и плющенного и консервированного зерна дают максимальный валовой сбор фуражного зерна, вся площадь, занятая под зерновыми, не может быть убрана по данным технологиям. Часть площади должна быть убрана в фазу полной спелости для формирования семенного фонда путем сушки [4] и очистки зерна.

Рассмотрим модель технологического процесса уборки при вероятностном характере изменения погодных условий. Представим ее в виде регулярной Марковской цепи [5, 6] с пятью поглощающими состояниями (рис. 1).

Пять возвратных состояний системы, характеризующих состояние спелости зерновых: молочная; молочно-восковая; восковая; полная восковая и полная. Пять поглощающих состояний, характеризующих технологию уборки зерновых: заготовка зерносенажа; уборка и послеуборочная доработка плющенного зерна; уборка и послеуборочная доработка фуражного зерна сушкой; уборка и послеуборочная доработка семенного материала; потери неубранного урожая. Переход системы из одного состояния в другое зависит от вероятности благоприятных погодных условий P_1 . Через P_1 выражают вероятности уборки зерновых $P_{2...8}$ по определенной технологии в определенную фазу спелости.

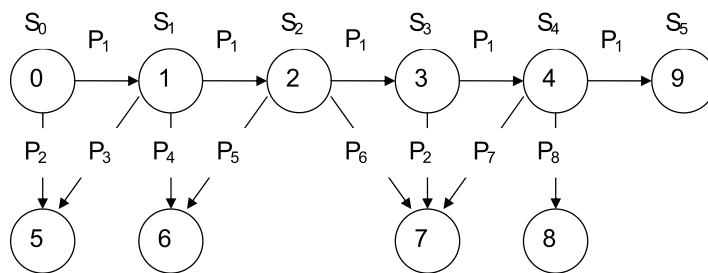


Рис. 1. Общая вероятностная модель уборки зерновых культур в зависимости от погодных условий:

0...4 – состояния спелости зерновых (0 – молочная; 1 – молочно-восковая; 2 – восковая; 3 – полная восковая; 4 – полная); 5...8 – технология уборки зерновых; 5 – заготовка зерносенажа; 6 – заготовка плющеного зерна; 7 – заготовка фуражного зерна; 8 – заготовка семенного материала); 9 – потери; P_1 – вероятность перехода необранной части площади посева зерновых культур в следующую фазу развития; $P_{2...8}$ – вероятность уборки части площадей зерновых по фазам развития на различные виды кормов

Площадь уборки зерна на семена не должна жестко зависеть от вероятности погодных условий и с учетом урожайности обеспечить необходимое количество семян. При выращивании зерновых культур на корма основной задачей является получение кормов с максимальным содержанием питательных веществ.

Для животноводства в условиях типичных сельскохозяйственных организаций Северо-Западного региона наиболее ценным кормом является зерносенаж с выходом до 4945 к.ед./га. При уборке на плющенное зерно корм содержит 3434 к.ед./га. Высушенное фуражное зерно дает 2156 к.ед./га основной продукции [1, 6]. Вследствие большой вероятности неблагоприятных погодных условий Северо-Западного региона увеличивается вероятность поступления зерна повышенной влажности. Зерно высокой влажности, предназначенное для семенных целей, невозможно сохранить без искусственной сушки [1, 4].

Максимальное количество семенного зерна должно соответствовать объему, высеваемому на площади, запланированной на следующий год с учетом перспективы развития. Общее количество площадей, убранных на корма различного вида, должно быть равно общей площади посевов S_0 .

Оптимальное распределение площадей уборки по видам кормов зависит от вероятности погодных условий и должно обеспечивать получение максимального количества питательных веществ в корме. При этом количество семян должно быть не меньше заданного, а потери зерна во всех случаях должны быть минимальными.

Возможные вероятности переходов $P_{3...8}$ могут быть определены только на основе многолетних данных. При модельных расчетах желательно выразить вероятности $P_{3...8}$ через вероятность P_1 , так как в этих условиях можно будет проследить влияние погодных условий уборки на распределение площадей уборки по видам кормов из зерна. На вероятности возможных переходов накладываются условия существования Марковской цепи, в соответствии с которой сумма выходящих из узла вероятностей должна равняться единице.

Для оценки влияния благоприятных погодных условий на показатели уборки зерновых выполнены расчеты для вероятностей погодных условий в интервале 0...1,0 с шагом 0,1. Алгоритм реализован в системе Excel 2003 в виде задачи математического программирования и позволяет выполнить анализ разработанного метода при различных значениях вероятности [7].

Расчет показал, что средние вероятности благоприятных условий для каждого из месяцев составили: июль – 0,6; август – 0,55; сентябрь – 0,4. Выполненные расчеты для различных значений вероятностей благоприятных погодных условий и планируемых длительностей заготовки кормов в условиях Ленинградской области показывают, что при сроке уборки до 15 дней количество благоприятных дней в среднем составляет в сентябре месяце 7 дней, и 10 дней в августе.

Вероятность неблагоприятных погодных условий оказывает существенное влияние на качество уборки (рис. 2).

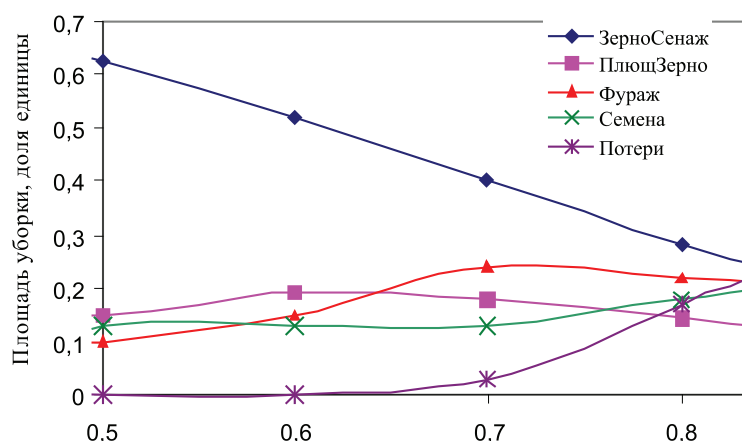


Рис. 2. Соотношение площадей, убранных по разным технологиям в зависимости от вероятности неблагоприятных погодных условий

Так, при вероятности неблагоприятных погодных условий $P=0,6$ зерновые культуры будут убраны: на зерносенаж 52%; на плющенное зерно – 19,2%; на фураж – 15,8%, на семена – 13%; потери составят 0%. Также видно, что при $P>0,6$ значительно возрастают потери.

В результате проектирования технологических схем уборки и послеуборочной доработки семян и кормов из зерновых культур были выбраны четыре схемы работы комплексов технических средств в сельскохозяйственных предприятиях Ленинградской области молочного направления с поголовьем 1000 дойных коров: технологическая схема уборки зерносенажа до 5000 т в сезон; технологическая схема уборки и послеуборочной доработки фуражного зерна плющением и внесением консерванта с закладкой его на хранение до 1000 т в сезон; технологическая схема уборки и послеуборочной доработки фуражного зерна с сушкой и последующим дроблением до 500 т в сезон; технологическая схема уборки и послеуборочной доработки семенного зерна до 500 т в сезон.

Основные выводы:

1. Предложен математический метод исследования технологических операций уборочного процесса с помощью регулярной Марковской цепи, позволяющий выбирать рациональные варианты решений о предполагаемых темпах выполнения уборочных работ по выбранным технологиям с учетом вероятности неблагоприятных погодных условий. Для оценки влияния погодных условий на показатели уборки зерновых выполнены расчеты для вероятностей погодных условий в интервале $0 \dots 1,0$ с шагом 0,1, которые показали, что при вероятности неблагоприятных погодных условий более 0,6 значительно возрастают потери урожая.

2. Сравнительный статистический анализ влияния погодных условий показал, что при уборке зерновых культур в более ранние сроки вероятность благоприятных погодных условий значительно выше, что положительно сказывается на проведении уборочных работ. Средние вероятности благоприятных условий для каждого из месяцев: июль – 0,6; август – 0,55; сентябрь – 0,4.

3. Предложены четыре схемы работы комплексов технических средств для сельскохозяйственных организаций Ленинградской области, позволяющие заготовить: 1) зерносенаж (до 5000 т в сезон; 43-62% убираемой площади); 2) фуражное зерно плющением и внесением консерванта с закладкой его на хранение (до 1000 т в сезон; 15-20% убираемой площади); 3) фуражное зерно с сушкой и последующим дроблением (до 500 т в сезон; 15-27% убираемой площади); 4) семенное зерно (до 500 т в сезон; 13-19% убираемой площади).

Список литературы

1. Перекопский А.Н. Развитие механизации послеуборочной обработки зерна в Северо-Западном регионе России // А.Н. Перекопский, В.М. Могилиничский / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. – № 3. – С. 7-9.
2. Перекопский А.Н. Установка зерносенажа с применением доизмельчающего устройства зерен // А.Н. Перекопский, А.И. Сухопаров / Кормопроизводство, 2012. – № 1. – С. 45-47.
3. Перекопский А.Н. Опыт плющения и консервирования влажного фуражного зерна в Ленинградской области // А.Н. Перекопский, Л.Н. Баранов, В.С. Тихонравов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 64 с.
4. Перекопский А.Н., Кузовников М.М., Чугунов С.В., Боярчук Ю.И. Карусельная сушилка // Патент России № 2456518.2012. Бюл. № 17.
5. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления. – М.: Сов. Радио, 1976. – 344 с.
6. Перекопский А.Н. Вероятностная модель уборки зерновых культур в Северо-Западном регионе // А.Н. Перекопский, А.М. Валге / Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2012. – № 4. – С. 5-6.
7. Валге А.М. Обработка данных в EXCEL на примерах: Методическое пособие. – СПб: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2010. – 104 с.