

Методический подход к моделированию технологического процесса зерноуборочного комбайна

А.П. Ловчиков, д.т.н., Е.А. Поздеев, аспирант, О.С. Шагин, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ; В.А. Шахов, д.т.н., профессор, Ю.А. Хлопко, д.т.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ; Г.П. Юхин, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

Современный зерноуборочный комбайн состоит из нескольких отдельных самостоятельных технико-технических модулей, таких как жатка (хедер), подборщик, молотилка, очистка, измельчитель-разбрасыватель и валкообразователь, копнитель соломы, т.е. самоходная молотилка, и совокупность технологических адаптеров.

Материал и методы исследования. Исследование проводили с целью обоснования методического подхода моделирования технологического процесса зерноуборочного комбайна. В процессе исследования решалась задача разработки структурной модели технологического процесса зерноуборочного комбайна и отдельных его подпроцессов. Исследование базируется на общелогическом методе и анализе.

Результаты исследования. Исходя из данного факта зерноуборочный комбайн можно рассматривать как сложную многопараметрическую преобразующую техническую систему [1–12], состоящую из различных технико-технологических подсистем, которые включают в себя модели отдельных процессов и их взаимосвязи. В связи с этим технологический процесс зерноуборочного комбайна можно рассматривать как явление многоплановое, для которого характерны различные структуры. И в первую очередь — структура подпроцессов, для

которой характерна иерархичность. Иерархичность подпроцессов означает, что среди них есть главные (основные) и второстепенные (вспомогательные), для которых имеет место не просто влияние и даже не взаимное влияние, а частично взаимное включение. Разделив на меньшие части, получим их однородность. Части будут взаимодействовать. Эту структуру можно назвать пространственно-временной.

Из вышеизложенного следует, что зерноуборочный комбайн как преобразующая техническая система характеризуется совокупностью различных технических подсистем, имеющих своё технологическое назначение. Это структурно можно представить на схеме (рис. 1).

На рисунке 1 видно, что при выполнении технологического зерноуборочного процесса преобразуются входные воздействия в виде условий функционирования $X(Tg)$ в выходные $Y(Tg)$, определяющие количественно-качественные показатели работы машины. В зерноуборочном комбайне технические подсистемы — это в основном последовательно соединённые технологические подпроцессы, выполняемые техническими устройствами комбайна: 1 — скашивание зерновых культур; 2 — подбор валков хлебной массы; 3 — обмолот хлебной массы; 4 — сепарация мелкого вороха; 6 — измельчение и разбрасывание или валкообразование, или сбор соломы. На основе этого зерноуборочный комбайн можно представить в виде преобразующей технической системы, включающей в себя ряд преобразующих технических подсистем (рис. 2).

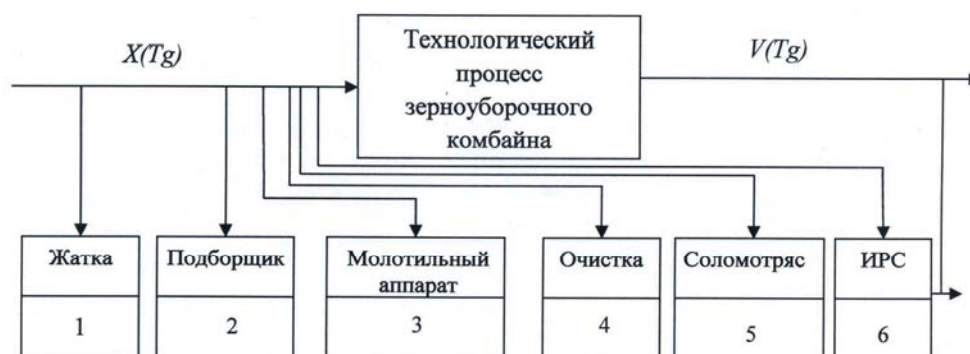


Рис. 1 – Структурная схема модели технологического процесса зерноуборочного комбайна



Рис. 2 – Зерноуборочный комбайн как преобразующая техническая система

На рисунке 2 показано, что технологический процесс зерноуборочного комбайна можно представить в виде модели, построенной по принципу «вход – выход».

На входе модели действует вектор функции X условий работы (внешних воздействий):

$$X = (V_p(t), \omega_3(t), \omega_c(t), Z_c(t), K_n(t), B_c(t)), \quad (1)$$

где $V_p(t)$ – урожайность зерновых культур, т/га;
 $\omega_3(t)$ и $\omega_c(t)$ – влажность зерна и соломы, %;
 $Z_c(t)$ – засорённость зерновых культур, %;
 $K_n(t)$ – пониклость зерновых культур;
 $B_c(t)$ – ботанический сорт культуры.

В качестве выходной переменной принимается вектор-функция качественно-количественных показателей выполнения технологического процесса зерноуборочного комбайна:

$$Y = (V_p(t), W_q(t), q_{уд}(t), P_3(t), K_{пз}(t), ИР_c(t), ВС_c(t)), \quad (2)$$

где $V_p(t)$ – рабочая скорость комбайна, м/с;
 $W_q(t)$ – часовая производительность комбайна, га/ч;
 $q_{уд}(t)$ – удельный расход топлива, кг/га;
 $P_3(t)$ – потери зерна;
 $K_{пз}(t)$ – качественные показатели зерна;
 $ИР_c(t)$ – количественные показатели измельчения и разброса соломы;
 $ВС_c(t)$ – валкообразование или сбор соломы.

Все внешние воздействия и выходные показатели функционирования зерноуборочного комбайна

рассматриваем как случайные функции (процессы) от времени t либо пути S . Выходные показатели функционирования технологического процесса зерноуборочного комбайна условно можно разбить на два типа – интегральные и дифференциальные.

Интегральные – это те показатели, которые образуются в результате действия совокупности преобразующих технических подсистем. К ним можно отнести такие показатели, как $V_p, W_q, q_{уд}, P_3, K_{пз}$.

Дифференциальные – это выходные показатели, которые образуются в результате действия отдельных преобразующих технических подсистем.

К данному типу можно отнести показатели, характеризующие измельчение и разброс соломы на поле, а также валкообразование или сбор соломы на поле и потери зерна за подборщиком или жаткой (хедером).

Исходя из вышеизложенного преобразующую техническую подсистему измельчитель-разбрасыватель соломы (ИРС) зерноуборочного комбайна можно представить в виде структурной модели (схемы), построенной по принципу «вход – выход» (рис. 3).

На рисунке 3 видно, что преобразующая техническая подсистема измельчитель-разбрасыватель соломы (ИРС) зерноуборочного комбайна состоит из двух типов технических устройств, имеющих различное технологическое назначение. Так, подсистема 1 обеспечивает измельчение соломы, а

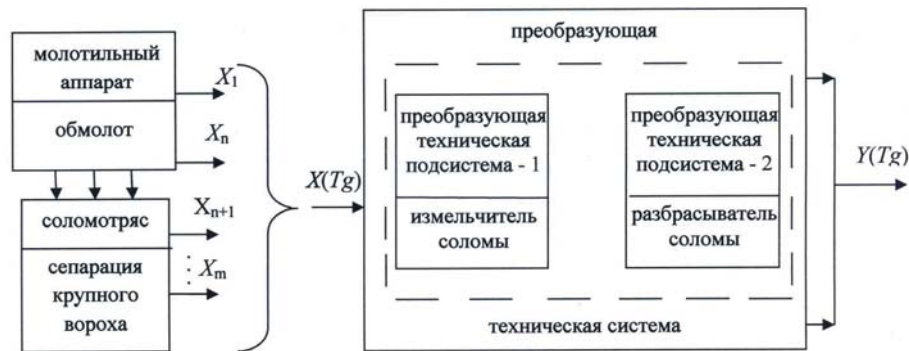


Рис. 3 – Структурная модель измельчителя-разбрасывателя соломы как преобразующей технической подсистемы зерноуборочного комбайна

подсистема 2 – разброс измельчённой соломы на поле.

Кроме того, из структурной модели следует, что входные показатели $X(Tg)$ образуются посредством двух преобразующих технических подсистем зерноуборочного комбайна – это молотильный аппарат и соломотряс. В частности, X_1 – длина стебля соломины, X_2 – диаметр стебля соломины, X_3 – подача соломы на измельчитель, X_4 – равномерность подачи соломы по ширине ротора измельчителя, X_5 – пространственное расположение стеблей в потоке соломы, то есть структура потока соломы, X_6 – влажность соломы.

Вывод. Вышеизложенное свидетельствует, что зерноуборочный комбайн можно представить в виде преобразующей технической системы, состоящей из совокупности преобразующих технических подсистем. Выходные показатели технологического процесса зерноуборочного комбайна можно условно разбить на два типа: интегральные и дифференциальные. Так, интегральные образуются в результате действия совокупности технических подсистем, а дифференциальные – только от действия отдельных технических подсистем, к которым относится измельчитель-разбрасыватель соломы (ИРС) зерноуборочного комбайна.

Литература

1. Ловчиков А.П. Технико-технологические основы совершенствования зерноуборочных комбайнов с большим молотильным аппаратом. Ульяновск: Зебра, 2016. 111 с.
2. Ловчиков А.П. Результаты производственной проверки прямого комбайнирования с высоким срезом зерновых культур / А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков, Ш.С. Иксанов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 75–77.
3. Ловчиков А.П. Повышение эффективности технологических систем уборки зерновых культур (на примере регионов Южного Урала и Северного Казахстана СНГ): дисс. ... докт. техн. наук. Оренбург, 2006. 271 с.
4. Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Поздеев Е.А. Биологизация земледелия в ресурсосберегающих технологиях возделывания зерновых культур // Международный научно-исследовательский журнал (International Research Journal): 1143. 4.2, Екатеринбург, 2016. С. 44–46.
5. Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Поздеев Е.А. Агротехническая оценка работы измельчителей-разбрасывателей соломы комбайнов при уборке зерновых культур прямым комбайнированием // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 55–58.
6. Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Иксанов Ш.С. Теоретический аспект технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 92–95.
7. Снижение потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая: метод. рекомендации / А.И. Завражнов, М.М. Константинов, А.П. Ловчиков [и др.]. Мичуринск: МГАУ, 2012. 82 с.
8. Ловчиков А.П. Формирование уборочно-транспортных комплексов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 10. С. 7–9.
9. Ловчиков А.П. Повышение качества зерна и эффективности использования комбайнов в условиях Южного Урала. Челябинск: РЕКПОЛ, 2002. 144 с.
10. Ловчиков А.П., Ловчиков В.П., Гриднева И.И. Снижение травмирования зерна в период уборки урожая // Хранение и переработка сельхозсырья. 2002. № 12. С. 35–38.
11. Ловчиков А.П., Ловчиков В. П. Механическое травмирование зерна и выход продукции помола // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 3. С. 55–57.
12. Ловчиков А.П., Ловчиков В.П. Влияние механических микрповреждений зерна колосовых культур на выход продукции при помолоте: учеб. пособие. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 1999. 61 с.