



УДК 631.171:671.3:519.86

А.Н. Власенко, Г.Л. Утенков
A.N. Vlasenko, G.L. Utenkov

**ВЫБОР, АДАПТАЦИЯ И ОЦЕНКА
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР КАК СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

**SELECTION, ADAPTATION AND EVALUATION
OF RESOURCE-SAVING GRAIN CROP MANAGEMENT PRACTICES AS COMPLEX SYSTEMS**

Ключевые слова: зерновые культуры, урожайность, агротехнологии, технологическая система, конкурентоспособность, целевая функция, эффективность, ресурсосбережение.

Зерновые культуры составляют основу зернопродуктового подкомплекса страны и определяют ее продовольственную безопасность. Установлено, что в последние годы в условиях Сибири рост урожайности происходит без развития; повышение затрат в расчете на единицу площади приводит к росту урожайности, но не снижает себестоимость единицы продукции. Имея лучшие в мире черноземы, при наличии ограниченных финансовых ресурсов, мы находимся по урожайности зерновых на уровне 2,0 т/га. По-прежнему преобладают экстенсивные методы земледелия. Возделывание конкурентоспособной зерновой продукции видится в создании принципиально новых технологий промышленного типа с организацией стройной технологической системы. Интенсификация как способ повышения эффективности развития агротехнологий возделывания зерновых культур не проявляет своего эффекта. Нужны новые модели и методы исследований. Целью исследований являлась разработка метода, позволяющего осуществлять выбор, адаптацию и оценку ресурсосберегающих агротехнологий как сложных систем. Объектом исследований являлись технологические процессы агротехнологий как сложных систем, применяемые для возделывания зерновых культур. В основу методики положены теория эффективности, системный анализ, параметрический синтез. В результате исследований разработан алгоритм проектирования, выбора, оценки и адаптации агромашинных технологий для возделывания зерновых культур как сложных систем и представляющих единое целое. Предложенные процедуры алгоритма и составляющие его зависимости поз-

воляют назвать такой метод методом параметрического синтеза. Алгоритм дает возможность осуществить параметрический синтез агротехнологий для возделывания зерновых культур. Апробация предлагаемого алгоритма по данным эффективности возделывания зерновых культур в Коченевском районе Новосибирской области в 2020 г. показала их хорошую сходимость (расхождения в пределах ошибки). Установлено повышение эффективности использования ресурсов в применяемых технологиях, возможно, на основе применения математических методов моделирования. Предложен алгоритм и его реализация для параметрического синтеза агротехнологий, обеспечивающих возделывание конкурентоспособной зерновой продукции.

Keywords: grain crops, yielding capacity, crop management practices, technological system, competitiveness, target function, efficiency, resource saving.

Grain crops form the basis of the grain product sub-complex of the country and determine its food security. It has been found that in recent years in Siberia, crop yield increase occur without development; increased costs per unit area leads increased yields but without reducing the cost per product unit. Having the best black soils in the world with limited financial resources we achieve the level of 2.0 t ha regarding grain crop yields. Extensive agricultural practices still prevail. The cultivation of competitive grain crops is seen in the creation of fundamentally new technologies of industrial type with the organization of a harmonious technological system. Intensification as a way to increase efficiency and the development of grain crop management practices does not show its effect. New models and research methods are needed. The research goal was to develop a method that would enable the selection, adaptation and evaluation of resource-saving crop man-

agement practices as complex systems. The research targets were the technological processes of agricultural practices as complex systems applied for grain crop cultivation. The methodology is based on the theory of efficiency, system analysis and parametric synthesis. As a result of the research, an algorithm has been developed for the design, selection, evaluation and adaptation of agro-machinery technologies for grain crop cultivation as complex systems and representing a single whole. The proposed procedures of the algorithm and its constituent dependencies allow calling this method as the method of parametric synthesis. The algorithm allows carrying out the parametric synthesis

of agricultural technologies of grain crop cultivation. The approbation of the proposed algorithm according to the data on the efficiency of grain crop cultivation in the Kochenevskiy District of the Novosibirsk Region in 2020 showed their good convergence (discrepancies within the error). It was found that the increase of the efficiency of resource use in the applied technologies was possible by using mathematical modeling methods. An algorithm and its implementation were proposed for the parametric synthesis of agricultural technologies that would ensure obtaining competitive grain products.

Власенко Анатолий Николаевич, академик РАН, д.с.-х.н., профессор, научный руководитель, СибНИИЗиХ, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация, e-mail: vlas_nata@ngs.ru.

Утенков Геннадий Леонидович, к.т.н., вед. н.с., СибНИИЗиХ, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация, e-mail: utenkov1951@mail.ru.

Vlasenko Anatoliy Nikolayevich, Member of Rus. Acad. of Sciences, Dr. Agr. Sci., Prof., Scientific Director, Siberian Research Institute of Arable Farming and Agriculture Chemization, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: vlas_nata@ngs.ru.

Utenkov Gennadiy Leonidovich, Cand. Tech. Sci., Leading Staff Scientist, Siberian Research Institute of Arable Farming and Agriculture Chemization, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: utenkov1951@mail.ru.

Введение

Преобладающее возделывание зерновых культур (свыше 60% площади пашни) является определяющим как в целом по России, так и в Сибири. Причем это позволяет поддерживать продовольственную безопасность, так как зерно пшеницы является основной продукцией для обеспечения страны продуктами питания. Поэтому освоение зональных интенсивных технологий должно стать стратегическим направлением научно-технического развития. Предполагают [1], что в засушливых районах Западной Сибири по чистому пару можно рассчитывать на получение высококачественного зерна с урожайностью 2,5-3,0 т/га. Для роста урожайности за счет почво-климатических ресурсов на современном этапе необходимо подбирать элементы технологии, обеспечивающие оптимальное их использование. Как показывают наши исследования [2], применение разных технологий для 3 хозяйств, расположенных в одной климатической зоне, приводит к росту себестоимости зерна при росте урожайности. Поэтому при выращивании зерновых культур необходимо в зависимости от технологии учитывать ее экономическую эффективность, что обеспечивает развитие предприятия и их финансово-экономическое состояние. Имея лучшие в мире

черноземы, мы находимся по урожайности зерновых на уровне 2,0 т/га, используя по-прежнему экстенсивные методы земледелия. Решение проблемы производства видится в принципиально новых подходах к обеспечению технологий возделывания – это использование современных орудий для обработки почвы и внесения удобрений, которое должно быть с учетом элементов плодородия, осуществление точного высева, должного ухода за посевами, а также уборка урожая и грамотное его хранение.

Из работ ведущих ученых Алтайского края [3] следует, что без тщательного учета местных условий и выявления лимитирующих факторов урожая недопустимо применение тех или иных факторов интенсификации производства. Именно в урожае, его количестве, качестве и себестоимости заключается интегрированный показатель эффективности земледелия. Однако природа не имеет фиксированных стабильных состояний. В ней присутствуют протекающие процессы с разной скоростью. Поэтому наукоемкость технологий с их высокой точностью обеспечивает повышение урожая и, конечно же, качества продукции [4]. Но сельхозтоваропроизводители при выборе определенных технологий и принятии решения, как правило, выбирают уже привыкшие, что тормозит развитие процесса и

не позволяет повышать урожайность. Для нахождения оптимальных решений обычно рекомендуется определить целевую функцию как меру эффекта. При этом выделяют 3 группы параметров эффекта технологического объекта: масштабный эффект; эффект ресурсосбережения; эффект от качества получаемого продукта. Однако проведенными исследованиями по применению машинно-тракторных агрегатов в агротехнологиях возделывания зерновых культур установлено [5], что их интегральный показатель – энергетический КПД, как правило, не превышает 0,12; для пахотных агрегатов энергетический КПД наибольший – 0,16-0,20. Причем степень влияния фундаментальных технологий на машинное обеспечение составляет не более 40%.

Согласно теории самоорганизации для открытых природных систем необходимо поддерживать определенную форму распределения энергии в пространстве и непосредственно в посевах. Поэтому обоснование прогрессивных технологий проводится поэтапно: 1) обоснование затрат агротехнических систем с экономической точки зрения; 2) приспособление параметров и их взаимосвязь с конкретными условиями хозяйства.

Цель исследований – разработать метод, позволяющий осуществлять выбор, адаптацию и оценку ресурсосберегающих агротехнологий как сложных систем.

Объекты и методы исследований

Главный объект исследований – технологические процессы агротехнологий как сложных систем, применяемые для возделывания зерновых культур. В основу методики положены теория эффективности, системный анализ, параметрический синтез.

Результаты и обсуждение

Главной целью предприятия является получение прибыли, а способ достижения этой цели – интенсификация производства. Однако требуется экономическое обоснование затратного механизма агротехнологий и адаптация их к конкретным хозяйственным условиям.

Нами разработан алгоритм, который позволяет проектировать, осуществлять выбор, оценку и приспособлять агромашины технологий для производства зерновых культур. Указанные закономерности позволяют назвать такой метод

методом параметрического синтеза. Алгоритм включает этапы:

- обосновывается глобальный критерий эффективности возделывания зерновых – прибыль; находится его экстремальное решение в виде урожайности. Определяется структура вклада функции урожайности для получения прибыли: безубыточность – $(\delta Y/Y \leq 0,44)$ и условный возделывания $(Y_{\alpha}/Y \geq 0,56)$;

- строится замкнутая номограмма с 4 квадрантами:

- в 1-м отражается взаимосвязь требуемой урожайности (Y) с безубыточностью зернового производства (δY). Здесь оценивается эффективность использования почвенно-климатических условий для зерновых культур, Y_{α} ;

- во 2-м раскрывается взаимосвязь безубыточности зернового производства с относительным показателем затрат (q) с учетом уровня рентабельности Re [7] и полных затрат [8]. Рассматривается взаимосвязь технологических и экономических факторов: $\beta = 0,56[(1/(1 + Re)) - 0,44]^{-1}$.

- в 3-м раскрывается относительный показатель затрат (q). Удельные условно-переменные затраты (A_0) определяются по выражению $A_0 = 1,786C [(1/(1 + Re)) - 0,44]$, (C – цена реализуемой продукции, руб/т). Выбираются более совершенные ресурсы для агротехнологий;

- в 4-м отражается взаимосвязь величин урожайности (Y) и условно-постоянных затрат (B). Оценивается рыночный спрос на продукцию по маргинальному доходу, $M: B = 0,44Y(C - A_0) = 0,44UM$, где $M = (C - A_0)$.

Учитывая [9], важным является определение предстоящих затрат по замене отжившей свой век техники и технологий, предложенный алгоритм выбора и адаптации агротехнологий позволяет получить желаемый результат, величина которого соответствует требованиям по модернизации отечественного сельскохозяйственного производства, обеспечивающего конкурентоспособность зерновой продукции. Апробация предлагаемого алгоритма осуществлена нами [10] для параметрического синтеза агротехнологий, обеспечивающих возделывание конкурентоспособной зерновой продукции. Расхождения с экспериментальными данными эффективности возделывания зерновых культур, полученными в Коченевском районе Новосибирской области в 2020 г., находятся в пределах ошибки опыта.

Выводы и предложения

Повышение эффективности использования ресурсов в применяемых технологиях возможно на основе применения математических методов моделирования. В работе предложен алгоритм и его реализация для параметрического синтеза агротехнологий, обеспечивающих возделывание конкурентоспособной зерновой продукции.

Библиографический список

1. Интенсификация зональных технологий – стратегия научно-технологического развития производства высококачественной пшеницы в стране / А. И. Алтухов, Н. З. Милащенко, А. А. Завалин, С. В. Трушкин. – Текст: непосредственный // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 5. – С. 36-46.

2. Утенков, Г. Л. Экономико-математическая модель оценки эффективности зернового производства / Г. Л. Утенков, Э. О. Рапопорт. – Текст: непосредственный // Трансформация экономики: анализ проблем и поиск путей решений: материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, посвященной 60-летию БТИ АлтГТУ (23-25 мая 2019 г.) / под редакцией к.э.н. Н. В. Волковой; Алт. гос. техн. ун-т. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2019. – Т. 1. – С. 188-191.

3. Яшутин, Н. В. Системное земледелие: Методология, научно-практические основы, опыт / Н. В. Яшутин, В. И. Бивалькевич, Н. Д. Иост. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 1996. – 392 с. – Текст: непосредственный.

4. Fountas, S., Carli, G., Sørensen, C.G., Tsiropoulos, Z., Cavalari, C., Vatsanidou, A., Liakos, B., Canavari, M., Wiebensohn, J., Tisserye, B. (2015). Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Comput. Electron. Agric.*, 115: 40-50. DOI: 10.1016/j.compag.2015.05.011.

5. Завора, В. А. Основы технологии и расчета мобильных процессов растениеводства: учебное пособие / В. А. Завора, В. И. Толокольников,

С. Н. Васильев. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 263 с. – Текст: непосредственный.

6. Аверина, О. И. Критерии оценки энергетической эффективности / О. И. Аверина, Е. Г. Москалёва, Т. С. Морозкина. – Текст: электронный // Молодой ученый. – 2014. – № 8 (67). – С. 427-429. – URL: <https://moluch.ru/archive/67/11289/> (дата обращения: 24.05.2021).

7. Водяников, В. Т. Научно-технический прогресс и проблемы экономической оценки технических средств производства / В. Т. Водяников. – Текст: непосредственный // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – № 3. – С. 30-35.

8. Утенков, Г. Л. Улучшение материального положения сельского населения Сибири путем совершенствования затратного механизма зернового производства / Г. Л. Утенков. – Текст: непосредственный // Сельские территории в пространственном развитии страны: потенциал, проблемы, перспективы: материалы XXIV Международной научно-практической конференции (г. Москва, 21-22 октября 2019 г.). – Москва, 2019. – С. 78-81.

9. Дасковский В. Выход из тупика – разработка и реализация программы инновационной реконструкции предприятий / В. Дасковский, В. Киселев. – Текст: непосредственный // Экономист. – 2020. – № 4. – С. 3-23.

10. Утенков, Г. Л. Методические подходы к совершенствованию затратного механизма возделывания зерновых культур в Сибири / Г. Л. Утенков, Э. О. Рапопорт, С. В. Котеев. – Текст: непосредственный // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2021. – № 4. – С. 17-23.

References

1. Altukhov A.I., Milashchenko N.Z., Zavalin A.A., Trushkin S.V. Intensifikatsiia zonalnykh tekhnologii – strategiia nauchno-tekhnologicheskogo razvitiia proizvodstva vysokokachestvennoi pshenitsy v strane // *Ekonomika selskogo khoziaistva Rossii*. – 2017. – No. 5. – S. 36-46.

2. Utenkov G.L., Rapoport E.O. Ekonomiko-matematicheskaiia model otsenki effektivnosti

zernovogo proizvodstva // Transformatsiia ekonomiki: analiz problem i poisk putei reshenii: Materialy Vserossiiskoi (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 60-letiiu BTI AltGTU (23-25 maia 2019 g.) / pod red. k.e.n. N.V. Volkovoi; Alt. gos. tekhn. un-t. – Biisk: Izd-vo AltGTU, 2019. – T. 1. – S. 188-191.

3. Iashutin N.V., Bivalkevich V.I., Iost N.D. Sistemnoe zemledelie: metodologiya, nauchno-prakticheskie osnovy, opyt. – Barnaul: OAO «Altaiiskii poligraficheskii kombinat», 1996. – 392 s.

4. Fountas, S., Carli, G., Sørensen, C.G., Tsiropoulos, Z., Cavalari, C., Vatsanidou, A., Liakos, B., Canavari, M., Wiebensohn, J., Tisserye, B. (2015). Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Comput. Electron. Agric.*, 115: 40-50. DOI: 10.1016/j.compag.2015.05.011.

5. Zavora, V.A. Osnovy tekhnologii i rascheta mobilnykh protsessov rastenievodstva: uchebnoe posobie / V.A. Zavora, V.I. Tolokolnikov, S.N. Vasilev. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 263 s.

6. Averina O.I. Kriterii otsenki energeticheskoi effektivnosti / O.I. Averina, E.G. Moskaleva, T.S. Morozkina // Molodoi uchenyi. – 2014. – No. 8

(67). – S. 427-429. – URL: <https://moluch.ru/archive/67/11289/> (data obrashcheniia: 24.05.2021).

7. Vodianikov V.T. Nauchno-tekhnicheskii progress i problemy ekonomicheskoi otsenki tekhnicheskikh sredstv proizvodstva // Ekonomika selskogo khoziaistva Rossii. – 2019. – No. 3. – S. 30-35.

8. Utenkov G.L. Uluchshenie materialnogo polozheniia selskogo naseleniia Sibiri putem sovershenstvovaniia zatratnogo mekhanizma zernovogo proizvodstva / Selskie territorii v prostanstvennom razvitii strany: potentsial, problemy, perspektivy. Materialy KhKhIV mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. 21-22 oktiabria 2019 g. – Moskva, 2019. – S. 78-81.

9. Daskovskii V., Kiselev V. Vykhod iz tupika – razrabotka i realizatsiia programmy innovatsionnoi rekonstruktsii predpriatii // Ekonomist. – 2020. – No. 4. – S. 3-23.

10. Utenkov G.L., Rapoport E.O., Koteev S.V. Metodicheskie podkhody k sovershenstvovaniiu zatratnogo mekhanizma vzdelyvaniia zernovykh kultur v Sibiri // Ekonomika selskokhoziaistvennykh i pererabatyvaiushchikh predpriatii. – 2021. – No. 4. – S. 17-23.

