

УДК 631.3.06

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРОКОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ

Б.Д.ДОКИН,
докт. техн. наук,

О.В.ЁЛКИН,
канд. техн. наук,

Е.А.ЛАПЧЕНКО,
аспирант

Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, e-mail: sibime@ngs.ru,
пос. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация

Проанализировали методические подходы при обосновании технического обеспечения оптимальных агротехнических сроков проведения полевых работ. Ввели понятие «экономически целесообразные сроки проведения полевых работ». Они могут быть более продолжительными, по сравнению с оптимальными, при условии равенства издержек, связанных с потерями урожая из-за запаздывания сроков проведения полевых работ и затрат, обусловленных техническим обеспечением этих сроков. При этом необходимо учитывать, что сроки той или иной технологической операции не совпадают для всех полей. Кроме того, сельхозпредприятия высевают рожь, горох, ячмень и другие зерновые культуры различных сроков созревания: поздние-, средне- и раннеспелые. Затраты на техническое обеспечение той или иной технологической операции определили с учетом занятости трактора и сельхозмашин на других технологических операциях в течение года. Получили аналитическое выражение для определения экономически целесообразных сроков проведения полевых работ в условиях Сибири.

Ключевые слова: сроки проведения работ, техническое обеспечение, потери урожая, затраты на технику.

При расчете нормативов потребности в сельхозтехнике на период 1981-1985 гг. МСХ СССР рекомендовало следующие агросроки: закрытие влаги – 2-3 дня, предпосевная культивация – 3-4, посев – 3-4, скашивание в валки – 4-5, подбор валков, прямое комбайнирование, уборка соломы – 7-8, вспашка зяби – 12-14 дней [1].

Как можно говорить о проведении закрытия влаги в течение 2-3 дней, если в условиях Сибири и Урала поля «подходят» в течение 10-15 дней (по данным СИБИМЭ и ЧИМЭСХ)? Как можно говорить о посеве зерновых за 3-4 дня, если хозяйства высевают рожь, горох, ячмень и другие зерновые культуры различных сортов: поздние-, средне- и раннеспелые? Один разбег «подхода» полей – и то превышает в условиях Сибири 3-4 дня. А сроки высева всех вышеназванных культур и их сортов тоже различны и могут вдвое-втрое превышать запланированные. То же самое можно сказать и о скаши-

вании. Исследования лаборатории зерноуборки СИБИМЭ в ОПХ «Черепановское» показали, что зерновые достигают восковой спелости в течение 12-15 дней.

Необходимо учитывать, что этот временной интервал задает природа, и надо учиться управлять им, чтобы действительно поля не «подходили» и не «поспевали» в течение 3-5 дней.

В связи с тем, что появились новые технологии (ресурсосберегающие на базе минимальной и нулевой обработки почвы), исчезли некоторые технологические операции в большом объеме. Так, по прогнозам, в Сибири в перспективе доля вспашки не превысит 30%.

Появились отечественные и зарубежные тракторы типа «Кировец» К-9520, фирм *John Deere* и *New Holland* мощностью 500 л.с., а также широкозахватные посевные комплексы, позволяющие выполнить несколько технологических операций за

один проход машинно-тракторного агрегата.

Жесткие агротехнические сроки диктовали и малую нагрузку на тракторы, сельхозмашины, зерновые и кормоуборочные комбайны.

Чиновники Минсельхоза и журналисты ссылались на малую загруженность тракторов (40-60 га вспашки) и зерноуборочных комбайнов (50-60 га) в странах Западной Европы и США.

В США и Канаде в начале 1960-х годов нагрузка на зерновой комбайн составляла 72 га, а в 1997 г. она выросла до 144 га [2]. При этом валовой сбор зерна в расчете на один комбайн увеличился со 150 до 740 т, или почти в 5 раз.

Анализ материалов Всероссийской сельскохозяйственной переписи показал, что нагрузка на технику в нашей стране также невелика, поскольку площадь пашни в фермерских хозяйствах составляет 30-80 га. Технике просто нет такого объема работы, как на Западе [3].

Поэтому на современном этапе необходимо разработать свою технологическую и техническую политику модернизации растениеводства Сибири.

Цель исследований – определение оптимальных сроков и технического обеспечения посева зерновых в регионе с учетом снижения совокупных затрат.

Вопросы выбора технологий и технических средств в условиях модернизации растениеводства Сибири уже были рассмотрены ранее на примере лесостепной зоны Новосибирской области [4]. Однако не учитывался тот факт, что не все поля «созревают» одновременно и не по всем культурам они готовы к проведению определенной технологической операции [5, 6].

При обосновании технической обеспеченности растениеводства возникает необходимость снижения пиковой потребности в технике. Этого можно достичь, изменив структуру посевных площадей в том числе введением озимого клина зерновых культур, или сроки проведения полевых работ.

Материалы и методы исследований. Функция совокупных затрат $f(D_p)$ была подвергнута исследованию на экстремум методами дифференциального исчисления. Причем при рассмотрении народно-хозяйственной эффективности технического обеспечения сроков проведения полевых работ совокупные затраты на проведение той или иной технологической операции подсчитываются на основании ГОСТ. Эффективность на уровне сельхозпредприятия определяют с учетом прямых эксплуатационных затрат и потерь урожая, чтобы снизить себестоимость сельхозпродукции.

Для оптимизации структуры машинно-тракторного парка использован метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ [7].

При расчете совокупных затрат применяли средние значения коэффициентов потерь урожая K_{cn} (часть/дни) вспашка зяби – 0,005; предпосевная культивация – 0,005; посев зерновых – 0,010; скашивание в валки – 0,008-0,010; подбор и обмолот валков, прямое комбайнирование – 0,020-0,030.

Результаты и обсуждение. Функция совокупных затрат для сельхозпредприятия в зависимости от продолжительности выполнения технологической операции, например, на прямом посеве с использованием трактора *John Deere 9650* и посевного комплекса *John Deere 730*, имеет следующий вид:

$$f(D_p) = \frac{\alpha_t B_t \gamma_t^i \gamma_{coz}^j}{D_p} + \frac{\alpha_{pk} B_{pk} \gamma_{pk}^i \gamma_{coz}^j}{D_p} + \quad (1)$$

$$+ K_{cn} \cdot U \cdot C \cdot W_{сут} \cdot D_p + C,$$

где D_p — продолжительность проведения технологической операции, дн.;

B_t , и B_{pk} — балансовая стоимость трактора и посевного комплекса, руб.;

α_t и α_{nk} — норма отчислений на реновацию трактора и посевного комплекса;

γ_t^i и γ_{nk}^j — часть удельных отчислений на реновацию трактора и посевного комплекса, в зависимости от того, какие работы выполняют трактор и посевной комплекс (для простоты взят удельный вес этой работы в годовом объеме работ, выполняемых трактором и посевным комплексом);

γ_{coz}^j — коэффициент, учитывающий неравномерность «созревания полей»;

K_{cn} — средний коэффициент потерь урожая в зависимости от продолжительности работ, часть/дни;

U — урожайность культуры, т/га;

C — цена реализации, руб./т;

$W_{сут}$ — суточная производительность машинно-тракторного агрегата, га/сут;

C — затраты на техобслуживание и ремонт техники, ГСМ, зарплату и т.д., которые не зависят от D_p , руб.

Затраты на технику при увеличении продолжительности выполнения работ уменьшаются, а потери урожая, наоборот, увеличиваются.

Для определения оптимальной продолжительности проведения полевых работ обычно берут первую производную $f(D_p)$ и приравнивают ее нулю:

$$\frac{df(D_p)}{dD_p} = 0, \text{ то есть:} \quad (2)$$

$$\frac{\alpha_m B_m \gamma_m^i \gamma_{coz}^j}{D_p^2} - \frac{\alpha_{nk} B_{nk} \gamma_{nk}^j}{D_p^2} + K_{cn} \cdot U \cdot C \cdot W_{сут} = 0;$$

После соответствующих преобразований найдем D_p^{opt} , когда затраты на технику и потери уро-

жая уравновешены:

$$D_p^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\alpha_T B_T \gamma_T \gamma_{\text{соз}} + \alpha_{\text{ПК}} B_{\text{ПК}} \gamma_{\text{ПК}} \gamma_{\text{соз}}}{K_{\text{сп}} \cdot U \cdot C \cdot W_{\text{сут}}}}. \quad (3)$$

Вторая производная $\frac{df^2(D_p)}{d^2 D_p}$ принимает

положительное значение, это означает, что функция $f(D_p)$ в точке A имеет минимальное значение.

После определения структуры машинно-тракторного парка для всего хозяйства по всем технологическим операциям можно определить значения:

$$\gamma_T^i = \frac{\sum_{i=1}^n F_T^i}{F_T^i}, \quad (4)$$

где F_T^i – объем работ в эталонных га, выполненный на данной технологической операции для данной культуры;

$$\sum_{i=1}^n F_T^i - \text{годовой объем работ в эталонных га,}$$

выполненный этим трактором;

$\gamma_{\text{соз}}$ – коэффициент, который определяют для каждого конкретного хозяйства.

При ресурсосберегающей технологии возделывания и уборки зерновых культур на базе минимальной обработки почвы посевной комплекс может работать на посеве, обработке паров и на минимальной осенней обработке почвы:

$$\gamma_{\text{ПК}}^i = \frac{\sum_{i=1}^n F_{\text{ПК}}^i}{F_{\text{ПК}}^i}. \quad (5)$$

Трактор, кроме перечисленных операций при этой технологии, может производить на одной четверти посевной площади глубокое безотвальное

рыхление почвы и обеспечивать равномерное распределение измельченной соломы по полю с помощью пружинных борон.

Было определено $D_p^{\text{опт}}$ из условий: $B_T = 10,6$ млн руб.; $B_{\text{ПК}} = 8$ млн руб.; $\alpha_T = 0,07$; $\alpha_{\text{ПК}} = 0,10$; $\gamma_{\text{соз}} = 0,07$; $\gamma_T = 0,20$; $\gamma_{\text{ПК}} = 0,33$; $K_{\text{сп}} = 0,01$ часть/день; $U = 2,6$ т/га; $C = 5$ тыс. руб.; $W_{\text{сут}} = 200$:

$$D_p^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{0,07 \cdot 10600000 \cdot 0,2 \cdot 0,07 + 0,1 \cdot 8000000 \cdot 0,33 \cdot 0,07}{0,01 \cdot 2,6 \cdot 5000 \cdot 200}} \approx$$

$$\approx 1 \text{ день / сутки}.$$

Аналогичные данные были получены в СибИМЭ в 1976 г, но на основании имеющихся данных того времени. Посев производили агрегатом, состоящим из трактора ДТ-75М, четырех сеялок СЗ-3,6 и сцепки СП-16. Для определения $D_p^{\text{опт}}$ были приняты следующие числовые величины [1]:

$$B_T = 3245 \text{ руб.}; B_{\text{сп}} = 1060 \text{ руб.}; B_{\text{схм}} = 750 \cdot 4 = 3000 \text{ руб.};$$

$$\alpha_T = 0,125; \alpha_{\text{сп}} = 0,142; \alpha_{\text{схм}} = 0,142;$$

$$\gamma_T = 0,08; \gamma_{\text{сп}} = 0,21; \gamma_{\text{схм}} = 0,9; \gamma_{\text{созр}} = 0,1;$$

$$P_T = 13,3 \text{ руб.}; P_{\text{схм}} = 0,68 \text{ руб.}; P_{\text{сп}} = 0,88 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{сп}} = 0,01 \text{ часть/день};$$

$$U = 15 \text{ ц/га}; C = 10 \text{ руб./ц}; W_{\text{дн}} = 50 \text{ га/день (за световой день)}.$$

Если исходить из требования ограничения сроков посева 3-4 дня (то есть $\gamma_{\text{соз}} = 0,33-0,57$), то $D_p^{\text{опт}}$ увеличится с 2,1 до 2,4 светового дня.

Выводы. За 30 лет изменились технологии возделывания зерновых культур и особенно их техническое обеспечение. Оптимальная продолжительность посева зерновых на поле, готовом под посев, осталась прежней – в течение одних суток. Поэтому искусство агронома заключается в том, чтобы обеспечить величину $\gamma_{\text{соз}}$ в пределах 0,07-0,10, то есть уложиться с посевной за 10-15 дней.

Литература

1. Докин Б.Д. Механизм «обратной связи» при оптимизации состава МТП и сроков проведения полевых работ / Методические принципы оценки системы машин для комплексной механизации растениеводства и животноводства // НТБ СибИМЭ СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1977. – Вып. 3. – С. 11-16.
2. Черняков Б.А. Комплексная механизация фермерских хозяйств в США // Техника и оборудование для села. – 2003. – № 6. – С. 36.
3. Драгайцев В.И., Алексеев К.И. Оценка технической оснащенности АПК по итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 76. – С. 3-5.
4. Докин Б.Д., Степчук С.А., Ёлкин О.В., Чеку-

сов М.С. Обоснование выбора технологий и технических средств для возделывания зерновых культур в условиях Сибири // Вестник НГАУ. – 2013. – № 1 (26). – С. 111-118.

5. Саклаков В.Д., Сергеев М.П. Техничко-экономическое обоснование выбора средств механизации. – М.: Колос, 1973. – 199 с.

6. Бейлис В.М. Технологические системы и продолжительность полевых работ // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 5. – С. 14-17.

7. Докин Б.Д., Ёлкин О.В. Методика проектирования состава МТП с помощью метода сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сб. статей в 3 кн. / IV Международная научно-практическая конференция. – Барнаул: АГАУ, 2009. – Кн. 1. – С. 249-252.

References

1. Dokin B.D. *Mekhanizm «obratnoy svyazi» pri optimizatsii sostava MTP i srokov provedeniya polevykh rabot* [Mechanism of «feedback» by optimization of structure of machine and tractor fleet and terms of field works carrying out]. *Metodicheskie printsipy otsenki sistemy mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rastenievodstva i zhivotnovodstva NTB SibIME SO VASKhNIL. Novosibirsk, 1977. V. 3. pp. 11-16 (Russian).*
2. Chernyakov B.A. *Kompleksnaya mekhanizatsiya fermerskikh khozyaystv v SShA* [Complex mechanization of farms in the USA]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2003. No. 6. pp. 36 (Russian).*
3. Dragaytsev V.I., Alekseev K.I. *Otsenka tekhnicheskoy osnashchennosti APK po itogam Vserossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy perepisi* [Assessment of technical equipment of agrarian and industrial complex following the results of the All-Russian agricultural census]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennye mashiny. 2008. No. 76. pp. 3-5 (Russian).*
4. Dokin B.D., Stepchuk S.A., Elkin O.V., Chekusov M.S. *Obosnovanie vybora tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv dlya vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v usloviyakh Sibiri* [Justification of a choice of technologies and technical means for grain crops cultivation in the conditions of Siberia]. *Vestnik NGAU. 2013. No. 1 (26). pp. 111-118 (Russian).*
5. Saklakov V.D., Sergeev M.P. *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie vybora sredstv mekhanizatsii* [Techno-economic justification of a choice of means of mechanization]. *M.: Kolos, 1973. 199 pp. (Russian).*
6. Beylis V.M. *Tekhnologicheskie sistemy i prodolzhitel'nost' polevykh rabot* [Technological systems and duration of field works]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2012. No. 5. pp. 14-17 (Russian).*
7. Dokin B.D., Elkin O.V. *Metodika proektirovaniya sostava MTP s pomoshch'yu metoda skvoznogo prosmotra variantov godovykh kompleksov polevykh rabot* [Technique of design of structure of machine and tractor fleet by means of a method of through viewing of options of annual complexes of field works]. *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu: Sb. statey v 3 kn. IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Barnaul: AGAU, 2009. Kn. 1. pp. 249-252. (Russian).*

MAINTENANCE OF FIELD WORKS TERMS IN SIBERIA

B.D.Dokin, D.Sc.(Eng.), **O.V.Elkin**, Cand.Sc.(Eng.), **E.A.Lapchenko**,

Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification for Agriculture, e-mail: sibime@ngs.ru, set. Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russian Federation

Methodical approaches were analyzed for justifying of the field work terms. The concept of economically feasible dates of fieldwork was introduced. They could be more long-time compared with optimal, on condition of equality of the expenses connected with harvest losses because of delay of terms of field works carrying out and expenses caused by technical ensuring these terms. Thus, it is necessary to consider that terms of this or that technological operation don't coincide for all fields. In addition, agricultural enterprises sowed rye, peas, barley, and other grain crops of different ripening periods: long-duration, intermediate and early. Assignment of costs for maintenance of a technological operation is carried out with taking into account the tractor and agricultural machines using by other technological operations. Analytical expression for determination of economically expedient terms of field works carrying out in the conditions of Siberia was achieved.

Keywords: Works terms; Technical maintenance; Yield losses; Cost of equipment.

