

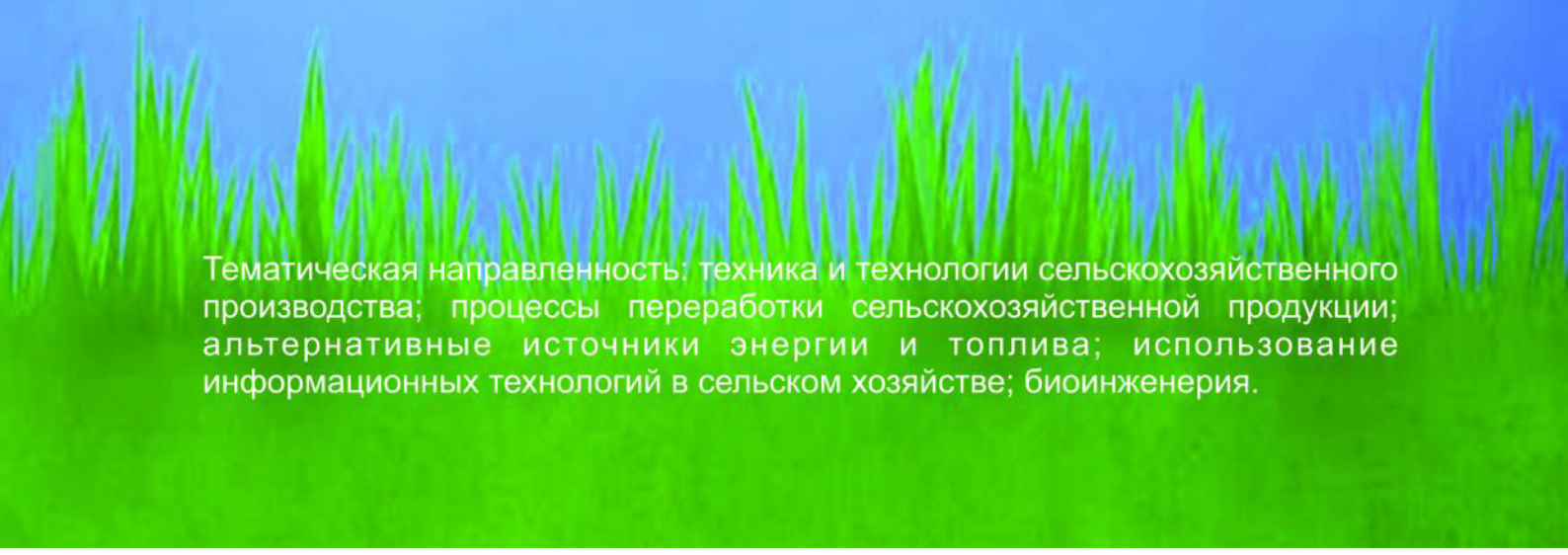
ISSN 2227-2038 (print)

Международная агроинженерия

научно-технический журнал



2
2016



Тематическая направленность: техника и технологии сельскохозяйственного производства; процессы переработки сельскохозяйственной продукции; альтернативные источники энергии и топлива; использование информационных технологий в сельском хозяйстве; биоинженерия.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР»
КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Научно-технический журнал

2
2016

Алматы, 2016

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ МИНИСТРЛІГІ

«ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ӘБІЛІМ БЕРУ ОРТАЛЫҒЫ»

КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ
ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ

MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

NON-COMMERCIAL JOINT STOCK COMPANY «NATIONAL AGRICULTURAL
SCIENTIFIC-EDUCATIONAL CENTER»

KAZAKH SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF MECHANIZATION AND
ELECTRIFICATION OF AGRICULTURE

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Ғылыми-техникалық журнал

INTERNATIONAL AGROENGINEERING

Scientific-technical journal

2

2016

Алматы, 2016

Редколлегия

Главный редактор:

Кешуов Сейтказы Асылсеитович, д-р техн. наук, проф.,
Академик НАН РК (КазНИИМЭСХ)

Заместители главного редактора:

Астафьев Владимир Леонидович, д-р техн. наук, проф., акад. АСХН РК (Костанайский филиал КазНИИМЭСХ);

Оспанов Асан Бекешович, д-р техн. наук, член-корр. НАН РК (КазНИИМЭСХ)

Ответственный секретарь:

Жұматай Ғани Сарсенбайұлы, к.т.н. (КазНИИМЭСХ)

Члены редколлегии:

Доскалов Пламен - Профессор, PhD University of Ruse Departament of futomatics & Mechatronics, (Bulgaria);

Havrland Bohumil - prof. Ing Czech University of lifesciences Prague (CzechRepublic);

Раджеши Кавассери - ассоциированный профессор, доктор PhD Государственный университет Северной Дакоты, (США);

Andrzej Chochowski - prof.drhab.ing Варшавский университет естественных наук (SGGW);

Буторин В.А., д-р техн. наук, проф. Челябинский государственный аграрный университет (Россия);

Жалнин Э.В., д-р техн. наук, проф. Всероссийский ин-т механизации сельского хозяйства (Россия);

Некрасов А.И., д-р техн. наук, проф. Всероссийский ин-т электрификации сельского хозяйства (Россия);

Немцев А.Е., д-р техн. наук, проф. Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (Россия);

Байметов Р.И., д-р техн. наук, проф. Узбекский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (Узбекистан);

Раджабов А.Р. д-р техн. наук, проф Ташкентский аграрный университет (Узбекистан);

Осмонов Ы.Дж., д-р техн. наук, проф. Кыргызский национальный аграрный ун-т им. К.И. Скрябина (Кыргызстан);

Абилжанулы Т., д-р техн. наук, проф. (КазНИИМЭСХ);

Адуов М.А., д-р техн. наук, проф. Казахский агротехнический ун-т им. С.Сейфуллина;

Алдибеков И.Т., д-р техн. наук Казахский национальный аграрный ун-т;

Голиков В.А., д-р техн. наук, проф., акад. НАН РК (КазНИИМЭСХ);

Грибановский А.П., д-р техн.наук, проф., акад. НАН РК (КазНИИМЭСХ);

Дерепаскин А.И., д-р техн.наук (Костанайский филиал КазНИИМЭСХ);

Жортуылов О.Ж., д-р техн. наук, проф. (КазНИИМЭСХ);

Жунисбеков П.Ж., д-р техн. наук, проф. (Казахский национальный аграрный ун-т);

Омаров Р.А., д-р техн. наук (КазНИИМЭСХ);

Козак А.И., к.т.н. (Аккольский филиал КазНИИМЭСХ);

Нукешев С.О., д-р техн. наук, проф. (Казахский агротехнический ун-т им. С. Сейфуллина);

СОДЕРЖАНИЕ

Адамчук В.В., Погорелый С.П. К вопросу использования автомобильного шасси в агропромышленном производстве	6
Ахметов А.А., Ахмедов Ш.А. Расчет запаса прочности ходового винта переднего моста универсально-пропашного трактора с регулируемым клиренсом	14
Голиков В.А., Усманов А.С., Артамонов В.Н., Астафьев В.Л., Плохотенко М.А. Обоснование типажа парка зерноуборочных комбайнов и жаток для уборки зерновых в Казахстане	20
Кундузов С.А. К вопросам выбора показателей эффективности при проведении испытаний сельскохозяйственной техники	26
Усманов А.С., Голиков В.А., Рзалиев А.С. О системе инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса Казахстана	29
Мухаммадиев А., Толибаев А.Е., Халматова З.Т., Арипов А.О. Электростимуляция семян, почвы и растений	37
Осадчий Г.Б. Условия эффективного использования тепловых насосов в России	41
Усманов А.С., Утемуратов Ж.Ж. Прогнозирование и обеспечение потребности агропромышленного комплекса в тракторном парке	70
Ахметов А.А., Ахмедов Ш.А. К вопросу оценки статической прочности шкворня поворотной цапфы трактора с регулируемым клиренсом	75
Требования к научным статьям, размещаемым в журнале	
«Международная агроинженерия».....	81

CONTENT

Adamchuck V.V., Pogorelyy S.P. To a question of use the automobile chassis in agroindustrial production	6
Akhmeto¹ A.A., Akhmedov Sh.A. Calculation of the safety margin of the lead screw front axle universal tractors variable clearance	14
Golikov V.A., Usmanov A.S., Artamonov V.N., Astafiev V.L., Plokhotenko M.A. The study of the character of the park combine combines and harvesters for harvesting grain in kazakhstan	20
Kunduzov C.A. To the question of choice performance indicators in the testing of agricultural machinery	26
Usmanov A.S., Golikov V.A., Rzaliev A.S. About system engineering of kazakhstan's agroindustrial complex	29
Mukhammadiev A., Tolibaev A.E., Xalmatova Z.T., Aripov A.O. Electrostimulation of seed, soil and plants	37
Osadchiy G. B. Conditions for effective use thermal pumps in Russia	41
Usmanov A.S., Utemuratov J.J. Forecasting and ensuring requirement of agroindustrial complex for tractor park	
Akhmetov A.A., Akhmedov Sh.A. To the question of the assessment of static durability tractor axle pin with adjustable clearance	75
Requirements for scientific articles published in the journal «International Agroengineering».....	81

УДК 631.372; 631.334

Адамчук В.В.¹, Погорелый С.П.¹

¹*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» Глеваха, Украина*

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ШАССИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация

Обоснованы перспективные направления использования автомобильных шасси в качестве мобильного энергетического средства для формирования на их базе мобильных сельскохозяйственных агрегатов для выполнения технологических операций в агропромышленном производстве (АПП). Наведены и проанализированы конструкционные и эксплуатационные характеристики автомобильного шасси украинского производства ПАО «АвтоКрАЗ» КрАЗ-6322. Установлена эффективность использования мобильного сельскохозяйственного агрегата на базе автомобиля КрАЗ-6322 и МРД-9 на внесении минеральных удобрений по прямой схеме внесения по сравнению с существующими агрегатами на базе трактора

Ключевые слова: *автомобильное шасси, мобильное энергетическое средство, номенклатура технических средств*

Adamchuck V.V.¹, Pogorelyy S.P.¹

¹*National scientific center "Institute of agricultural engineering and electrification" Glevakha, Ukraine*

TO A QUESTION OF USE THE AUTOMOBILE CHASSIS IN AGROINDUSTRIAL PRODUCTION

Annotation

Reasonably perspective ways of using automobile chassis as a mobile of energy the means for forming on their base mobile agricultural units to perform technological operations in agroindustrial production (AMS). Point and analyzed the structural and operational characteristics of automotive chassis Ukrainian production of PJSC "AvtoKrAZ" KrAZ-6322. Found to be effective use of mobile agricultural units in the base on vehicle KrAZ-6322 and MRD-9A on the application of mineral fertilizers by introducing direct-flow scheme in comparison with existing units on the basis of the tractor.

Keywords: *automobile chassis, mobile power means, nomenclature of technical means*

Реформирование агропромышленного комплекса Украины привело к возникновению агропромышленных предприятий со значительными размерами посевных площадей. По данным Статистического сборника «Украина в цифрах» за 2014 [1] количество хозяйств, имеющих более 2000 га посевных площадей, составляет 2645 единиц, это 5,8% от общего количества хозяйств Украины. Общая площадь, которая находится в пользовании этих хозяйств, составляет 13,5 млн. га, это 63% от общей площади посевов сельскохозяйственных культур Украины.

Большие аграрные предприятия формируются на землях, которые размещаются на больших расстояниях друг от друга. Плечо переездов может составлять более 100 км. Для соблюдения выполнения технологических операций в агросроки машинно-тракторный парк (МТП) таких хозяйств формируют на широкозахватных машинно-тракторных агрегатах (МТА), которые агрегатируются с тракторами тягового класса 5 и более.

Географическое размещение сельскохозяйственных земель, больших по размерам площадей предприятий, требует постоянного перебазирования МТА с одного поля на другое. Транспортная скорость движения тракторов не превышает 30 км/ч, некоторые зарубежные тракторы движутся со скоростью 60 км/ч. Однако при движении трактора с широкозахватным агрегатом при такой скорости очень сложно управлять им. Особенно обостряется проблема при выполнении технологических операций, на которые отведены небольшие по продолжительности промежутки времени, и которые имеют определяющее влияние на формирование будущего урожая, в частности: сев, внесение органических удобрений, закрытие влаги и тому подобное. Имея высокомо мощные единичные энергосредства, очень сложно в агротехнические сроки выполнить необходимые технологические операции. Это приводит к формированию машинных пунктов в местах размещения посевных площадей, и из-за больших затрат на переезды, а также времени на их осуществление вынуждены покупать не один МТА, а два и больше.

Учитывая вышесказанное, возникает необходимость создания мобильных технологических агрегатов, имеющих высокую мобильность, и которые могут эффективно использоваться как на сельскохозяйственных операциях, так и на транспортных операциях.

Одним из путей решения этих проблем является использование автомобильных шасси повышенной проходимости на выполнении сельскохозяйственных процессов.

Попытки использования автомобильного транспорта на исполнениях сельскохозяйственных операций осуществляется уже давно. Еще в 50-х годах прошлого века в Германии автомобильный концерн Mercedes начал выпуск универсального энергетического средства «Unimog», который получил широкое использование в вооруженных силах Германии, Франции, а также в коммунальном хозяйстве благодаря возможности установки различного технологического оборудования [2] (рисунок 1).

На базе автомобиля КамАЗ создан посевной комплекс «Agrator-8500 АВТО», «Agrator-9800 АВТО» «Agrator-1000 АВТО» (рисунок 2) [3], ширина захвата соответственно: 8,5, 9,8 и 10 м; производительность: 8,5, 9,8 и 10 га / ч; бункер вместимостью: 7, 7 и 9,8 м³, рабочая скорость движения - 10-15 км/ч. На раме шасси автомобиля устанавливается емкость и шарнирно присоединяется культиватор с системой сева.



Рисунок 1 – Универсальное энергетическое средство «Unimog»



Рисунок 2 – Посевной комплекс «Agrator-8500 АВТО»
на базе автомобиля КамАЗ

На базе грузового автомобиля MAN были разработаны мобильные агрегаты для выполнения сельскохозяйственных операций и дорожных работ (рисунок 3) [4].

Учитывая вышесказанное, вопрос по использованию автомобильных транспортных средств на сельскохозяйственных операциях актуален и направлен на создание конкурентоспособной, высокопроизводительной техники украинского производства.

Целью исследований является поиск путей расширения технологических возможностей автомобильного шасси, что позволит повысить эффективность их применения, увеличить годовые загрузки и уменьшить их простой.



Рисунок 3 – Автомобиль MAN при выполнении технологических операций

Повышение транспортной скорости тракторов приводит к значительным изменениям в их конструкции, в частности: подвески для тушения неровностей дорог, которая для больших масс требует высоких требований и изменений в конструкции трактора; системы управления энергосредством; увеличение продольной базы трактора; изменение трансмиссии (коробка передач, главная передача, бортовая передача и т.п.); тормозной системы и другие. Стоимость таких тракторов значительно увеличивается. Соответственно и себестоимость единицы выполненной ими работы значительно увеличивается по сравнению с существующими тракторами.

Одним из путей решения этих проблем является использование автомобильного шасси повышенной проходимости (рисунок 4) на выполнении сельскохозяйственных операций. Наиболее приспособлен к условиям поля (малая несущая свойство почвы, высокая запыленность) автомобиль КрАЗ-6322, который серийно производится в Украине на предприятии ПАТ «АвтоКрАЗ» и техническими характеристиками соответствует параметрам тракторов тягового класса 5.



Рисунок 4 – Автомобильное шасси КрАЗ-6322

Масса шасси КрАЗ-6322 составляет 11700 кг, мощность двигателя - 243 (330) кВт (л.с.), колесная формула 6×6, максимальная скорость движения – 80 км / ч [5]. На раму автомобиля можно устанавливать емкости с технологическим материалом (массой 8-10 т), а в задней части имеется место для установки навесной системы, с помощью которой осуществлять агрегатирование как навесных, так и прицепных сельскохозяйственных машин или орудий. Масса технологического материала дает возможность увеличить сцепные свойства автомобиля. В конструкции автомобиля предусмотрена централизованная система контроля давления в шинах колес, позволяет снижать давление при выпол-

нении сельскохозяйственных операций в поле до 0,1 МПа. И увеличивать его до рекомендованных на транспортных переездах 0,3 МПа, а также регулировать его в процессе выполнения технологической операции по мере уменьшения технологического материала. Автомобиль оборудован 8-ми ступенчатой механической коробкой передач, что позволит обеспечивать необходимую рабочую скорость движения машинного агрегата. Ведущие мосты автомобиля двухступенчатые, односкоростные, с межколесным и межмостовым блокирующими дифференциалами, что даст возможность получить высокие тяговые показатели при блокировании дифференциала на тяговых операциях, а разблокированный дифференциал исключает появление паразитной мощности. Расчетная тягово-скоростная характеристика автомобиля КрАЗ-6322 (рисунок 5) отражает его тяговые возможности и подтверждает то, что он может агрегатироваться с сельскохозяйственными машинами и орудиями, которые агрегируются с тракторами тягового класса 5.

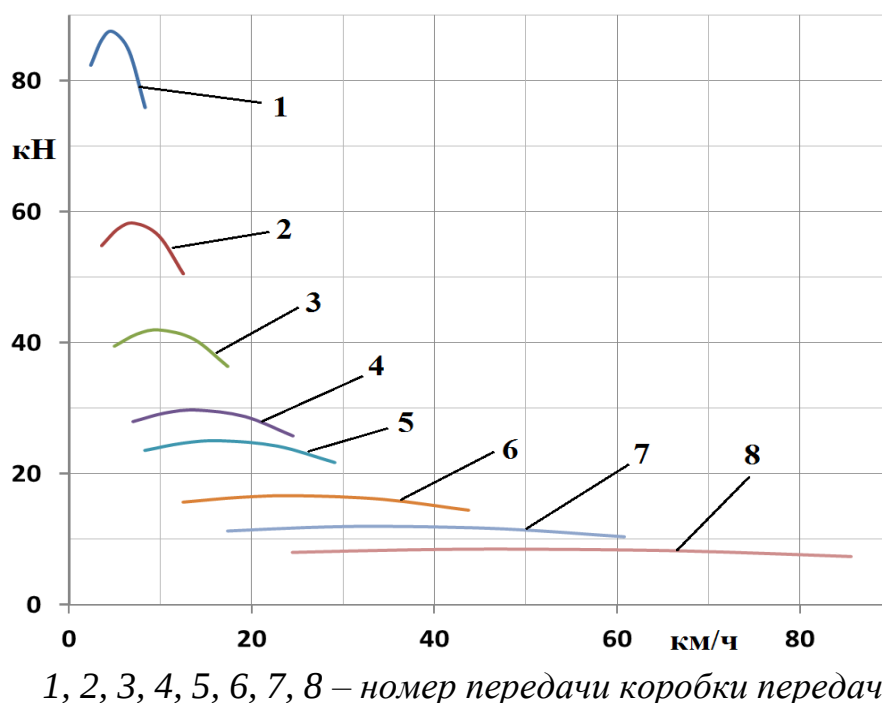
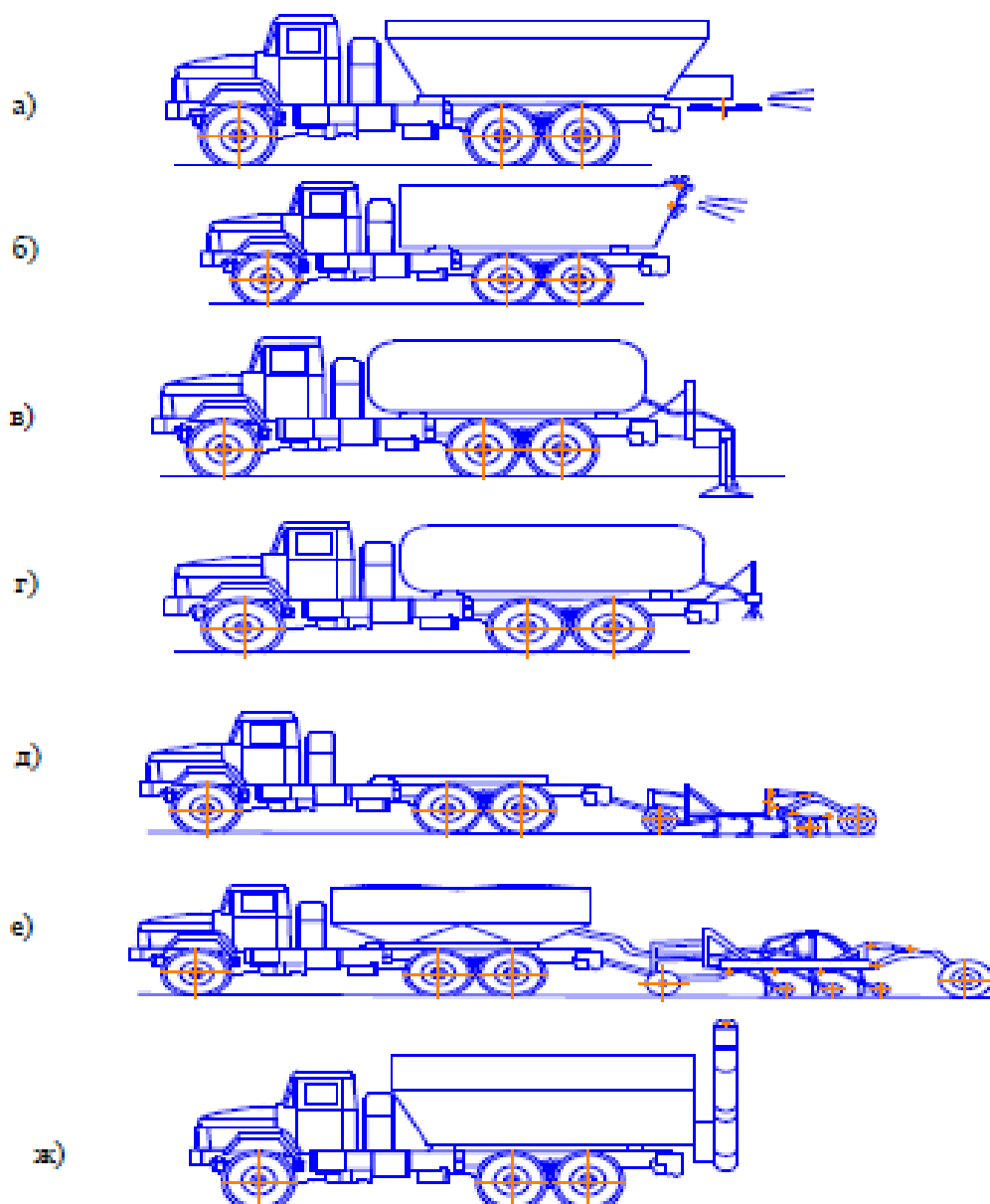


Рисунок 5 – Тягово-скоростная характеристика автомобиля КрАЗ-6322

Диапазон рабочих скоростей МТА находится в пределах 5-15 км/ч. Как видно из графика, у автомобиля КрАЗ-6322 есть 5 скоростей, которые находятся в данном диапазоне. Согласно рисунка 5, автомобиль может выполнять технологические операции, на выполнение которых необходимо тяговое усилие 21-60 кН в зависимости от рабочей скорости движения и ширины захвата.

Операции, на которых может использоваться машинный агрегат на базе автомобиля (рисунок 6):

- внесения твердых и жидких органических удобрений;
- внесения твердых и жидких минеральных удобрений и химических мелиорантов;



- а) внесение твердых минеральных удобрений; б) внесение твердых органических удобрений;
 в) внутригрунтовое внесение жидких удобрений; г) опрыскивание посевов;
 д) культивация; е) сев; ж) накопление-перегрузка технологических материалов

Рисунок 6 – Технологические операции, на которых могут использоваться машинные агрегаты на базе автомобиля

- обработка почвы: лущения стерни; культивация; дискование, прикатывание; боронование; снегозадержание;
- загрузчик сеялок;
- сев;
- подкормка посевов;
- уход за посевами;
- накопитель-перегрузчик сыпучих технологических материалов;
- транспортировка сыпучих технологических материалов.

Основные преимущества использования машинных агрегатов на базе автомобиля в АПП:

- высокая техническая надежность автомобиля по сравнению с отечественными тракторами;
- комфортные условия для работы водителя (современная кабина, кондиционер, подогрев кабины и т.д.);
- высокая транспортная скорость движения автомобиля для переездов и использования его по основному назначению;
- меньшая стоимость по сравнению с трактором тягового класса 5;
- удешевление парка сельскохозяйственных машин и орудий (для автомобиля будут иметь меньшую стоимость из-за отсутствия ходовых систем емкостей, так как они будут размещаться на раме автомобиля);
- уменьшение давления на почву за счет перераспределения веса машинного агрегата на три оси и регулировании следа контакта шины;
- прицепные и навесные сельскохозяйственные машины и орудия, которые предназначены для работы с трактором, агрегируются с автомобильным шасси без дополнительных изменений в их конструкции.

Высокая транспортная скорость мобильного сельскохозяйственного агрегата на базе автомобиля даст возможность использовать прямоточную схему (склад-поле) на внесение твердых и жидких органических и минеральных удобрений, что значительно уменьшит расходы на выполнении упомянутых операций. Кроме того отпадает необходимость в использовании дополнительных технических средств для транспортировки и погрузки технологического материала, осуществляя упомянутые технологические операции по перевалочной и перегрузочной схемам.

Результаты расчета переменной производительности МТА (Т-150К+ РУМ-8, КСА-3, Т-150К+МРД-9 и КрАЗ-6322+МРД-9) по прямоточной схеме внесения минеральных гранулированных удобрений нормой внесения 0,5 т/га, 8 часовой смены и расстоянии от склада к полю 5 км показали (рисунок 7) эффективность агрегата на базе автомобиля КрАЗ.

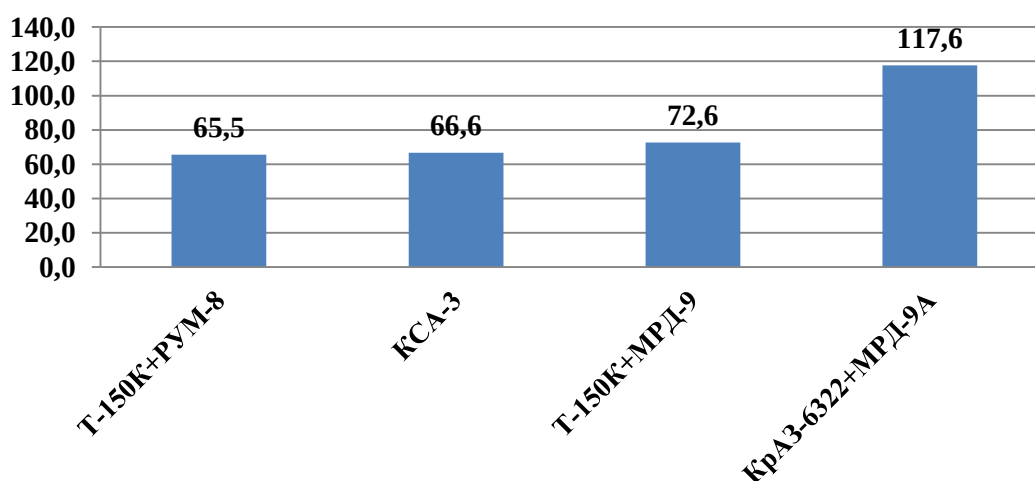


Рисунок 7 – Сменная производительность МТА по прямоточной схеме внесения минеральных гранулированных удобрений

Из рисунка 7 видно, что переменная производительность агрегатов, скомплектованных с использованием машин РУМ-8, КСА-3, МРД-9 и МРД-9А составляет 65,5, 66,6, 72,6 и 117,6 га/см. При одинаковом сменной производительности МРД-9 и МРД-9А на уровне 72,6 га/см расстояние от склада к полю можно увеличить для агрегата КрАЗ-6322+МРД-9А в 6,6 раз (до 33 км). По данным авторов [6] по такой же норме внесения удобрений МТА РУМ-8 и КСА-3 рекомендуется их использовать по прямоточной схеме внесения удобрений с расстоянием от состава в поле соответственно 8,0 и 19,3 км.

Конечно, наибольшую прибыль владельцам грузовых автомобилей приносят транспортные работы, но они имеют пиковый характер и выполняются в течение 2-3 месяцев в год. Постоянной загрузки автомобиля в другой период года нет. Поэтому создание переменных технологических модулей для формирования машинных агрегатов на базе автомобильного шасси для выполнения сельскохозяйственных операций является перспективной и важной проблемой, решение которой позволило уменьшить себестоимость сельскохозяйственной продукции и повысить эффективность использования автомобиля.

Выводы

Использование автомобильного шасси в качестве мобильного энергетического средства для формирования на его базе мобильного сельскохозяйственного агрегата для выполнения сельскохозяйственных операций уменьшит себестоимость продукции растениеводства за счет применения прямоточных схем внесения технологического материала, уменьшит номенклатуру технических средств для выполнения транспортных операций и повысит эффективность использования автомобиля.

Список литературы

1. Статистический сборник «Украина в цифрах» за 2014 /Под редакцией И. М. Жук //Государственная служба статистики. – Киев, 2015. – 239 с.
2. [Электронный ресурс]: http://www.off-road-drive.ru/archive/14/Universalnyy_soldat.
3. [Электронный ресурс]: <http://www.pk-agromaster.ru/9800a>.
4. [Электронный ресурс]: <http://www.a-mag.eu>.
5. [Электронный ресурс]: <http://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/produkt-siya/automobile/civil/shassi/item/1419-kraz-6322>.
6. Операционная технология применения минеральных удобрений /Сост. М.Н. Марченко. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 175 с.

УДК 629.114.2

Ахметов А.А.¹, Ахмедов Ш.А.¹¹Специальное конструкторское бюро «Трактор»**РАСЧЕТ ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ХОДОВОГО ВИНТА ПЕРЕДНЕГО
МОСТА УНИВЕРСАЛЬНО-ПРОПАШНОГО ТРАКТОРА
С РЕГУЛИРУЕМЫМ КЛИРЕНСОМ****Аннотация**

В статье приводится конструкция и устройство нового переднего моста универсально-пропашного трактора с регулируемым клиренсом и результаты расчета прочности ходового винта переднего моста, обеспечивающего надежную работу механизма регулировки клиренса трактора.

Ключевые слова: агротехнический просвет, балка, передний мост, колесо, клиренс, винтовой механизм, ходовой винт, гайка, хвостовик, трактор

Akhmetov¹ A.A., Akhmedov¹ Sh.A.¹Designer Special Design Bureau "Tractor"**CALCULATION OF THE SAFETY MARGIN OF THE LEAD SCREW
FRONT AXLE UNIVERSAL TRACTORS VARIABLE CLEARANCE****Annotation**

The article presents the design and arrangement of a new front axle universal tractors with adjustable ground clearance and results of calculation of the strength of the screw shaft of the front axle, ensuring reliable operation of the tractor clearance adjustment mechanism. Tags: Agrotechnical clearance, bar, front axle, wheel, ground clearance, screw mechanism, a lead screw, a nut, a shaft, a tractor

Keywords: agrotechnical clearance, beam, front axle, wheel, clearance, screw mechanism, lead screw, nut, shank, tractor

Введение

В целях использования на междурядных обработках посевов хлопчатника четырехколесных тракторов путем повышения их агротехнической проходимости, в СКБ «Трактор» проводятся НИР и ОКР по созданию универсально-пропашного трактора с высокой проходимостью, снабженного передним мостом с регулируемым посредством винтового механизма клиренсом (рисунок 1).

Отличительной особенностью переднего моста этого трактора от его аналогов является то, что у него колено выполнено телескопическим из труб 2, 9 квадратного сечения. Наружная труба 2 шарнирно закреплена к балке 6 переднего моста. Для уменьшения трущихся поверхностей к сопрягаемым поверхностям труб попеременно приварены узкие пластинки 8.

Телескопическое колено снабжено винтовым механизмом изменения клиренса, позволяющим получать необходимый агротехнический просвет под балкой переднего моста трактора.

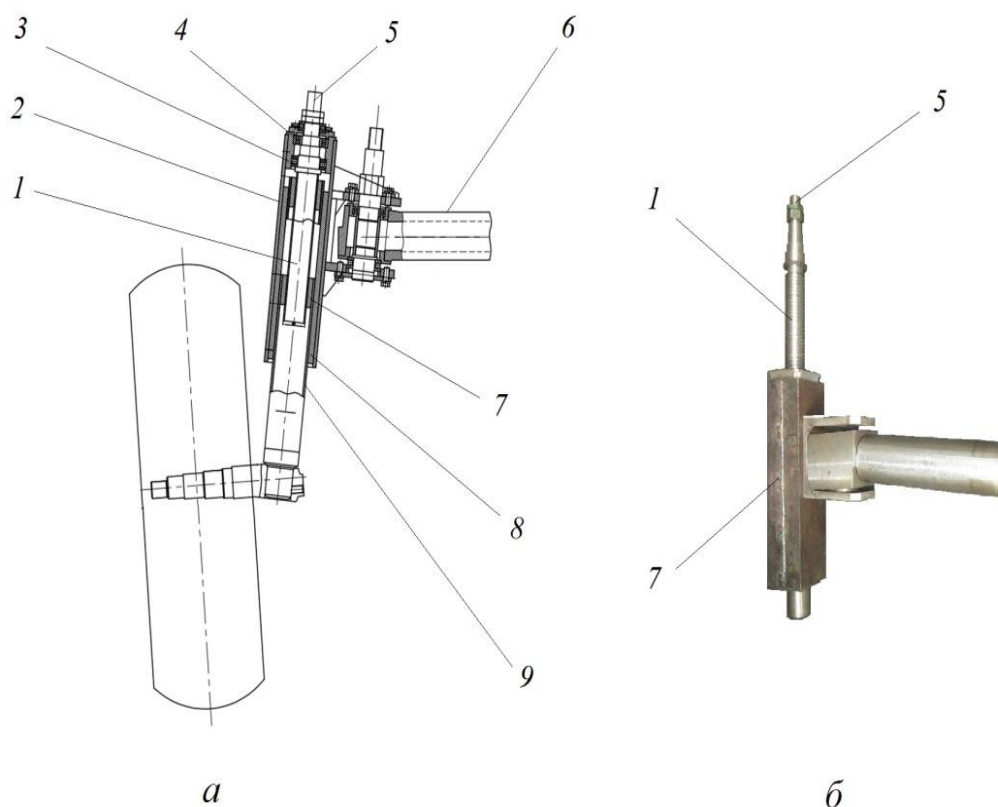


Рисунок 1 – Винтовой механизм регулировки клиренса переднего моста в схеме (а) и в натуре (б)

В винтовой паре винтового механизма, состоящего из ходового винта 1 и гайки 7, применена трапецеидальная резьба «Трап 50х8» ГОСТ 9484-73. Ходовой винт свободно вращается в ту или иную сторону на двух шарикоподшипниках 3 и 4, посаженных посредством обоймы к наружной трубе. Гайка приварена к внутренней трубе 9, жестко соединенной с цапфой направляющего колеса. Привод передачи «винт - гайка» осуществляется вращением ходового винта под действием окружной силы, прикладываемой к хвостовику 5 ходового винта.

В предложенном переднем мосте потеря устойчивости ходового винта может привести к неработоспособности механизма регулировки клиренса трактора. Потеря устойчивости ходового винта может произойти при некотором определенном значении действующей на него нагрузки, поэтому для исключения неустойчивости работы ходового винта рассчитывают его на прочность.

Для расчета ходового винта на прочность построим эпюры продольных сил и крутящих моментов (рисунок 2), действующих на винт при подъеме балки переднего моста.

По эпюрам наглядно видно, что на всем протяжении винта от точки приложения вертикальной нагрузки до гайки на винт совместно действуют осевая сила и крутящий момент. Необходимо еще отметить, что на гайку действует изгибающий момент от реакции почвы на переднее колесо.

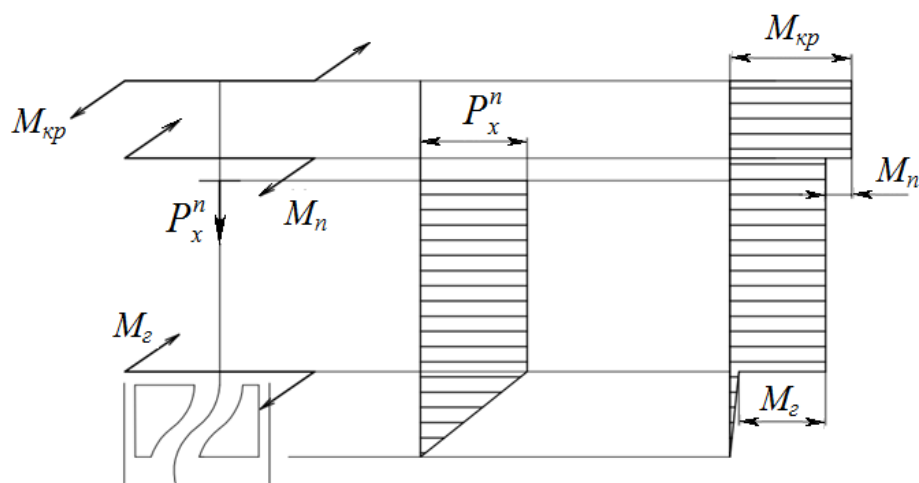


Рисунок 2 – Эпюры продольных сил и крутящих моментов, действующих на винт при подъеме балки переднего моста

Определим прочность винта при действии трех силовых факторов при подъеме балки переднего моста. При этом считаем, условие прочности обеспечивается при [1, с.29]

$$n_m \geq [n_m], \quad (1)$$

где n_m – запас прочности винта по пределу текучести;

$[n_m]$ – допустимое значение запаса прочности по пределу текучести, $[n_m] = 1,5 \cdot 1,5 = 1,65$ [2, с.38].

Запас прочности винта по пределу текучести определяется выражением

$$n_m = \frac{\sigma_m^{45}}{\sigma_{np}} = 441,45 / 266,14 = 1,659, \quad (2)$$

где σ_m^{45} – предел текучести для стали 45, МПа;

σ_{np} – расчетное значение предела текучести, МПа.

Согласно теории октаэдрических напряжений [2, с.268], расчетное значение предела текучести будет

$$\sigma_{np} = \sqrt{(\sigma_p + \sigma_u)^2 + 3 \cdot \tau^2}, \quad (3)$$

где σ_p , σ_u и τ – соответственно, напряжение растяжения, изгиба и среза в сечениях винта, и они определяются следующими выражениями

$$\sigma_p = \frac{P_x^n}{F_1}; \quad (4)$$

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_n}; \quad (5)$$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_k}, \quad (6)$$

где P_x^n – осевое усилие, действующее в винтовой передаче при подъеме балки переднего моста, Н;

F_1 – площадь поперечного сечения по внутреннему диаметру резьбы винта, мм²;

M_u – изгибающий момент, создающий напряженное состояние в рассчитываемом сечении винта, Нмм;

$M_{кр}$ – передаваемый соединением максимальный крутящий момент, Нмм;

W_u – момент сопротивления изгибу сечения, мм³;

W_k – полярный момент сопротивления кручению сечения, мм³.

При определении осевого усилия, действующего в винтовой передаче, воспользуемся работой [3, с.257]

$$P_x^{n(o)} = P_t \cdot u \cdot \eta^{n(o)}, \quad (7)$$

где P_t – усилие, прилагаемое машинистом-оператором на рукоятке гаечного ключа (окружное усилие) для поворота хвостовика, Н;

u – передаточное число передачи «винт - гайка»;

$\eta^{n(o)}$ – коэффициент полезного действия винтовой пары, соответственно при подъеме и опускании переднего моста.

Коэффициент полезного действия винтовой пары [3, с.266]

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha \pm \rho') + \frac{d_n \cdot f_{mp}}{d_2}}, \quad (8)$$

где α – угол подъема резьбы;

ρ' – приведенный угол трения в резьбе;

d_n – средний диаметр упорного подшипника, $d_n = 64$ мм;

d_2 – средний диаметр резьбы;

f_{mp} – коэффициент трения упорного подшипника, $f_{mp} = 0,003$ [4, с. 56].

Угол подъема резьбы [3, с.265]

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{t}{\pi \cdot d_2} \right), \quad (9)$$

Средний диаметр резьбы

$$d_2 = d - 0,5 \cdot s = 50 - 0,5 \cdot 8 = 46 \text{ мм}. \quad (10)$$

Приведенный угол трения в резьбе [3, с.265]

$$\rho' = \operatorname{arctg} \left(\frac{f}{\cos(0,5 \cdot \gamma)} \right), \quad (11)$$

где f – коэффициент трения пары «винт - гайка», $f = 0,15$ [3, табл. 92].

$$\rho' = \operatorname{arctg} \left(\frac{0,15}{\cos(0,5 \cdot 30)} \right) = 8,827^\circ.$$

Передаточное число передачи «винт - гайка» определяется выражением [3, с.257]

$$u = \frac{2 \cdot \pi \cdot L_{\text{рук}}}{t}, \quad (12)$$

где $L_{\text{рук}}$ – плечо приложения окружной силы (длина рукоятки гаечного ключа №7811-0124 ГОСТ 2841-80), $L_{\text{рук}} = 180$ мм;

t – ход резьбы, мм.

Площадь поперечного сечения по внутреннему диаметру резьбы винта

$$F_1 = \pi \cdot 0,25 \cdot d_1^2 = \pi \cdot 0,25 \cdot 41^2 = 1320,25 \text{ мм}^2, \quad (13)$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм.

Согласно рис.1а, изгибающий момент M_u , создающий напряженное состояние, в рассчитываемом сечении винта определяется по формуле

$$M_u = Z_1 a, \quad (14)$$

где Z_1 – нормальная реакция почвы на переднее колесо, Н;

a – плечо нормальной реакции почвы, $a = 200$ мм.

Нормальная реакция почвы на переднее колесо зависит от его максимальной грузоподъемности

$$Z_1 = 0,5 \cdot G^{zp}, \quad (15)$$

где G^{zp} – максимальная грузоподъемность, Н.

Момент сопротивления сечения винта

$$W_u = \frac{I_y}{x_{\max}} = \frac{1203327,131}{32,5} = 37025,45 \text{ мм}^3. \quad (16)$$

где I_y – момент инерции сечения, мм⁴;

$x_{\max}$ – абсцисса максимально удаленной точки сечения, мм.

Передаваемый соединением максимальный крутящий момент [5, с.53]

$$M_{kp} = P_t \cdot L_{\text{рук}} = 300 \cdot 180 = 54000 \text{ Н мм}, \quad (17)$$

где P_t – усилие, прилагаемое машинистом-оператором на рукоятке гаечного ключа (окружное усилие), Н.

Полярный момент сопротивления кручению сечения определяется выражением [6, с.205]

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16}. \quad (18)$$

Подставляя числовые значения величин (таблица 1) в выражение (3), определяем значение величины запаса прочности винта по пределу текучести и сопоставим его с допустимым значением запаса прочности по пределу текучести, т.е.

$$n_m = 1,659 \geq [n_m] = 1.65$$

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Наименование показателей	Значение показателей
Проектируемый трактор	ТТЗ 1033
Вес, приходящийся на переднюю ось трактора G_1 , кгс	1826
Шина переднего колеса	9-16 ТУ 39.10497
Грузоподъемность шины переднего колеса (ТУ 39.10497) G^{2p} , кгс	1550
Резьба передачи «Винт – гайка»	Трап 50 × 8 ГОСТ 9484-73
Наружный диаметр резьбы d , мм	50
Внутренний диаметр резьбы винта d_1 , мм	41
Шаг резьбы s , мм	8
Ход резьбы t , мм	8
Материал винта ходового 1033 - 0030051	Сталь 45 ГОСТ 1050
Усилие, прилагаемое рабочим на рукоятке гаечного ключа (окружное усилие), Н	300

Результаты расчетов показывает, что запас прочности винта по пределу текучести больше, чем его допустимое значение, следовательно, условие прочности (1) выполнено, винт имеет достаточный запас прочности по пределу текучести.

Результаты расчетов также показывает, что $\alpha = 3,169^\circ < \rho' = 8,827^\circ$, следовательно, винтовая пара обладает свойством самоторможения. Во избежание самоотвинчивания винтовой пары при действии динамических переменных нагрузок и вибрации заложен запас самоторможения равный $\frac{\rho'}{\alpha} = 2,785$.

Список литературы

1. Руководящие материалы по расчетам на прочность и жесткость. «Определение запасов прочности и допускаемых напряжений». – М.: НИИ тракторо-сельхозмаш, 1976. – 55 с.
2. Райко М.В. Расчет деталей и узлов машин. – Киев: Техніка, 1966. – 498с.
3. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1984. – 336 с.
4. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев: Наукова думка, 1975. – 704 с.
5. Чернин И.М. Расчеты деталей машин. – Минск: Вышэйшая школа, 1974. – 592 с.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1979. – Т.1. – 728 с.

УДК 631.3.06

**Голиков¹ В.А., Усманов¹ А.С., Артамонов¹ В.Н.,
Астафьев² В.Л., Плохотенко² М.А.**

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Алматы

²Костанайский филиал ТОО «КазНИИМЭСХ», Костанай

ОБОСНОВАНИЕ ТИПАЖА ПАРКА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ И ЖАТОК ДЛЯ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация

На основе проведенного анализа за пять лет уровня урожайности зерновых культур по регионам республики и характеристик зерноуборочных комбайнов обоснован перспективный типаж комбайнов и жаток для прямого комбайнирования и раздельной уборки зерновых в Казахстане.

Ключевые слова: зерноуборочные комбайны, производительность, урожайность, сроки уборки

**Golikov¹ V.A., Usmanov¹ A.S., Artamonov¹ V.N.,
Astafiev² V.L., Plokhotenko² M.A**

¹«Kazakh Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture», Almaty

²Kostanay branch of «KazNIIMECh», Kostanay

THE STUDY OF THE CHARACTER OF THE PARK COMBINE COMBINES AND HARVESTERS FOR HARVESTING GRAIN IN KAZAKHSTAN

Annotation

On the basis of the analysis in five years the yield of grain crops by regions of the country and characteristics of the combine harvesters justified promising type of combines and headers for straight combining, and separation of the grain harvest in Kazakhstan

Keywords: combine harvesters, productivity, yield, harvesting time

Зерноуборочные комбайны классифицируются по величине пропускной способности хлебной массы (кг/с) следующим образом [1]:

- 1 класс с пропускной способностью 0,5...1,5 кг/с – селекционно-семеноводческие комбайны;
- 2 класс с пропускной способностью 2,5...3 кг/с, для малых хозяйств с площадью 70...100 га;
- 3 класс с пропускной способностью 5,5...6 кг/с, для уборки полей с урожайностью до 25 ц/га (типа «Нива», «Нива-Эффект», «Енисей-1200»);
- 4 класс с пропускной способностью 7...8 кг/с, для уборки полей с урожайностью 25...40 ц/га (типа «Вектор», «Руслан»);
- 5 класс с пропускной способностью 9...10 кг/с, при урожайности 40...55 ц/га (типа «Акрос»);
- 6 класс с пропускной способностью 11...12 кг/с, при урожайности

55...60 ц/га;

– 7 класс с пропускной способностью 12...14 кг/с, при урожайности 60...100 ц/га (с мощностью двигателя 370...407/ 500...550 кВт/л.с.).

Отсюда следует, что выбор зерноуборочных комбайнов должен осуществляться, исходя из урожайности и других условий регионов (погодных, организационно-хозяйственных и др.).

В таблице 1 приведена урожайность пшеницы по регионам Казахстана, а средняя урожайность пшеницы за пять лет (2009-2014 гг.) по республике составляет 11,5 ц/га.

Из таблицы 1 следует, что средняя и максимальная урожайность пшеницы за пять лет наибольшая в южном регионе, что в основном, обусловлено наличием в этом регионе орошаемых земель, на которых возделывается озимая пшеница, где урожайность составляет 40 ц/га и более.

Однако возделывание озимой пшеницы на орошаемых землях в последние годы сокращается, так как приоритеты в южном регионе отдаются другим культурам.

Таблица 1 – Урожайность пшеницы по регионам Казахстана

Регион	Средняя урожайность пшеницы за пять лет (2009-2014 гг.), ц/га	Максимальная урожайность пшеницы за пять лет, ц/га
Южный	16,5	20,9
Восточный	12,3	14,2
Западный	5,6	8,4
Северный	10,6	15,3
Центральный	10,5	11

Следует отметить, что зерноуборочными комбайнами убирают в республике рис, урожайность которого в урожайные годы составляет 45 ц/га и более и кукурузу на зерно, средняя урожайность которой равна 45 ц/га, а максимальная 70 ц/га. Для уборки этих культур требуются комбайны с высокой пропускной способностью 5 и 6 классов.

В таблице 2 приведена имеющаяся структура комбайнового парка по некоторым регионам и в целом по республике.

Таблица 2 – Структура комбайнового парка Казахстана

Класс комбайна	Количество, %		
	южный регион	северный регион	по республике
3	90,6	70,7	77,6
4	4,4	14,6	11,2
5	3	8,2	7,8
6	2	5,8	3,4

Из таблицы 2 следует, что в северном регионе, где наибольшие площади зерновых с относительно высокой урожайностью, доля высокопроизводительных комбайнов 4, 5 и 6 классов составляет около 30%, в то время как в южном регионе 9,4%, а в целом по республике 22,4%. Увеличение в северном регионе

комбайнов высоких классов обусловлено жесткими сроками уборочного периода и стремлением сельхозпроизводителей максимально увеличить производительность машин в уборочном процессе.

Комбайновый парк в основном представлен комбайнами следующих стран: Российская Федерация (ООО «Ростсельмаш», ООО «Красноярский комбайновый завод», АО «Промтрактор»); Республика Беларусь (ПО «Гомсельмаш», ПО «Агропромтехника»); Республика Казахстан (АО «Агромашхолдинг»); США («John Deere», «Challenger», «Massey Ferduson», «Case», «New Holland»), Германия («Class», «Deutz Fahr», «Fend»); Италия («Laverda»); Финляндия («Sampo Rosenlew»). По данным Минсельхоз РК на 01.01.2015 г. зерноуборочных комбайнов в республике 44,3 тыс., из них 18,7 тыс. (42%) – Енисей-1200 и Енисей-950 «Руслан», 15 тыс. (34%) – СК-5А «Нива», 2,5 тыс. (5,7%) – РСМ-101 «Вектор», 1 тыс. (2,2%) – Дон-1500. Комбайнов дальнего зарубежья 4,6 тыс. десяти разных марок. Из анализа следует, что почти 82% парка составляют комбайны классов 3 и 4.

Производительность комбайна при прямом комбайнировании определяется в основном двумя величинами: шириной захвата жатки и скоростью движения комбайна.

Скорость комбайна для его полной загрузки определяется по формуле:

$$V = \frac{360 q}{B y}, \quad (1)$$

где V – скорость комбайна, км/ч;

q – пропускная способность комбайна хлебной массы, кг/с;

B – ширина захвата жатки, м;

y – урожайность хлебной массы, ц/га.

При этом следует отметить, что скорость комбайна с учетом качества обработки полей в республике, как правило, не превышает 10 км/ч.

Рекомендуемая скорость комбайна при прямом комбайнировании 4...8 км/ч [2; 3].

Определим производительность и степень загрузки молотилки различных классов комбайнов при разной урожайности зерновых.

Требуемая скорость комбайна третьего класса с $q = 5,5$ кг/с и жаткой $B = 6$ м при урожайности зерна 12 ц/га составляет 13,7 км/ч, что неприемлемо.

Примем среднюю скорость комбайна 8 км/ч, весовое отношение зерна к соломе 1:1,2.

Производительность комбайна класса 3 за час основного времени при уборке зерновых с урожайностью 12 ц/га составит 4,8 га/ч, степень загрузки молотилки 58%. Аналогичным образом проведены расчеты и по другим вариантам. Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Производительность комбайнов за 1 час основного времени на уборке зерновых с различной урожайностью

Класс комбайнов и марка	Урожай- жай- ность зерна, ц/га	Про- пускная способ- ность, кг/с	Ширина захвата жатки, м	Скорость комбай- на, км/ч	Производи- тельность за 1 час основ- ного време- ни, га/ч	Степень загрузки комбайна, %
3 класс						
СК-5М-1 «Нива», СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект», Енисей-1200-1, Енисей-1200-2	12 17	5,5 5,5	6,0 6,0	8 8	4,8 4,8	58 82
4 класс						
PCM-101 «Вектор», Палессе GS 07 (КЗС-7),	12 17	8 8	7,0 7,0	8 8	5,6 5,6	46 66
5 класс						
ACROS-530	40	10	6	7,5	4,5	100
6 класс						
Палессе GS 12 (КЗС-1218)	40	12	6	8	4,8	88

Анализ таблицы 3 показывает, что комбайны классов 3-4 недостаточно загружены на уборке хлебов с урожайностью 12 ц/га. Для повышения их загрузки необходимо использовать жатки с большей шириной захвата.

Выработка комбайна за агросрок составляет W_a (га):

$$W_a = 0,1 K_c B V T_d A, \quad (2)$$

где K_c – коэффициент использования сменного времени;

T_d – продолжительность рабочего дня, ч;

A – агросрок на проведение уборки, дней.

При $K_c = 0,7$; $T_d = 10$ часов; $A = 10$ дней выработка комбайнов за агросрок при урожайности 12 и 17 ц/га составляет для комбайнов класса 3 – 336 га, для комбайнов класса 4 – 392 га, а для комбайнов классов 5 и 6 при урожайности 40 ц/га равна соответственно 315 и 378 га.

Учитывая, что в северном регионе республики очень сжатые сроки уборки, обусловленные погодными условиями и необходимо максимально увеличить производительность уборочного процесса, то представляет интерес насколько повысится производительность и выработка комбайна класса 5 типа ACROS-530 с жаткой с шириной захвата $B = 11$ м при уборке хлебостоя с урожайностью зерна 10 ц/га, 12 ц/га и 17 ц/га и средней скорости комбайна 8 км/час для всех указанных уровней урожайности. Производительность за час сменного времени составит 6,16 га, т.е. выше практически в два раза чем у комбайнов 3 и 4 классов. При этом средняя загрузка молотилки составляет при урожайности 10 ц/га 48,8%, при урожайности 12 ц/га 58,3% при урожайности 17 ц/га 83,1%, т.е. в первых двух случаях комбайн недогружен примерно на половину, а в последнем загружен практически полностью. Однако при использовании широкозахватных жаток происходит потеря устойчивости комбайнов. Более полную загрузку комбайнов можно обеспечить при раздельной уборке, используя широкозахватные валковые жатки. По формуле (3) можно определить ширину захвата жаток, соответствующих пропускной способности зерноуборочных

комбайнов:

$$B = \frac{36 q_{\phi}}{(1+a_{\phi}) y_3 V} , \quad (3)$$

где q_{ϕ} – фактическая подача хлебной массы, кг/с; a_{ϕ} – доля содержания соломы в хлебной массе; y_3 – урожайность зерна, т/га .

Принимая $a_{\phi} = 1,1 \dots 1,2$, $y_3 = 1,2$ т/га, $V = 8$ км/ч, определены требуемые значения ширины захвата жаток для комбайнов разного класса.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения требуемой ширины захвата жаток для полной загрузки комбайнов разного класса

Подача q_{ϕ} , кг/с	Ширина жатки B , м
5...6	8,2...10,7
6...7	10,2...12,5
7...8	11,9...14,3
8...9	13,6...16,1
9...10	15,3...17,9

Следует отметить, что при отдельной уборке возможно использование валковых жаток, образующих сдвоенные валки, с прокоса большой ширины.

Проведенный анализ, а также опыт передовых хозяйств северного региона, являющегося основным производителем зерна, показал, что перспективным типажом зерноуборочных комбайнов в республике является следующий (таблица 5).

Таблица 5 – Перспективный типаж зерноуборочных комбайнов

Класс комбайна	Северный регион	Южный регион	По республике
3	-	+	+
4	+	+	+
5	+	+	+
6	+	+	+

Таким образом, перспективный парк зерноуборочных комбайнов для условий Казахстана должен включать комбайны следующих классов: 3; 4; 5 и 6; в южном регионе, где возделываются на орошении озимая пшеница, рис, кукуруза на зерно, имеющие высокую урожайность, найдут применение комбайны 5 и 6 классов. В других зонах и регионах республики, где возделывание зерновых осуществляется на богарных землях при дефиците влаги должны использоваться комбайны классов 3 и 4. В северном регионе, где относительно более высокая урожайность зерновых найдут применение комбайны высоких классов 4, 5 и 6 при условии оснащения их широкозахватными жатками для прямого комбайнирования и отдельной уборки.

Расчеты показывают, что при переходе на перспективный типаж зерноуборочных комбайнов и жаток и соответствующем их количестве можно обеспечить проведение уборочных работ в требуемые агросроки.

Список литературы

1. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. Том 1. Растениеводство. – М.: ВИМ, 2012. – 303 с.
2. Нормы и нормативы для планирования механизации и электрификации в отраслях АПК. – М.: Агропромиздат, 1988. – 591 с.
3. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники, часть II. Нормативно-справочный материал. – М.: МСХП РФ, 1998. – 251 с.

УДК 631.3

Кундузов¹ С.А

¹Узбекский государственный центр по сертификации и испытанию сельскохозяйственной техники и технологий при Кабинете Министров Республики Узбекистан(УзГЦИТТ), Узбекистан, Ташкент

К ВОПРОСАМ ВЫБОРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация

Обзор исследований нормативной документации позволил высветить некоторые вопросы, вытекающие при разработке стандартов, применяемых для испытания сельскохозяйственной техники. Рассматриваются виды испытаний, имеющиеся недостатки в существующих программах и методиках и в применяемых стандартах. Оценка показателей качества производится в зависимости критериев, вытекающих из агрозоотехнических, эксплуатационно-технологических и др. требований. Отмечается, что выявление сущности механизмов явлений и их причинно-следственных связей имеет значение в повышении уровня разрабатываемых методик и эффективного решения инженерных задач

Ключевые слова: технический уровень сельскохозяйственных машин, режим работы машины

Kunduzov¹ S.A.

¹Uzbek State Center for Certification and Testing of Agricultural Machinery and Technologies under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan (UzGICTT), Uzbekistan, Tashkent

TO THE QUESTION OF CHOICE PERFORMANCE INDICATORS IN THE TESTING OF AGRICULTURAL MACHINERY

Annotation

Review of regulatory documents research has highlighted some of the issues arising in the development of standards used for testing of agricultural machinery. We consider the types of IC tests carried shortcomings in the existing programs and procedures and applicable standards. Evaluation of the quality indicators produced according to the criteria arising from agrozootehnicheskikh, exploitation zion-technological and other. Requirements. It is noted that the identification of the essence of phenomena and their mechanisms of causality is important to increase the level of developed techniques and efficient solutions of engineering problems.

Keywords: technical level of agricultural machines, machine operation mode

Для экономического развития Республики Узбекистан большое значение имеет уровень разработанной техники и оборудования, обеспечивающих внедрение прогрессивных технологических процессов в сельскохозяйственное производство.

В Постановлении Президента Республики Узбекистан перед УзГЦИТТ определены и поставлены задачи разработки новых и пересмотра действующих нормативных и методических документов для проведения испытаний сельскохозяйственной техники и современных ресурсосберегающих технологий.

Испытания и доводка в ходе эксплуатационно-технологической проверки в конструкторских и научно-исследовательских организациях, а затем в испытательном центре, является ответственным и достаточно трудоёмким шагом в разработке сельскохозяйственной техники.

В процессе разработки и доведения до серийного изготовления машин, учитываются каждые имеющие значения факторы, даже такие, как влияние разнообразий почвенно-климатической среды и различия условий эксплуатации. Сельхозмашина от стадии становления проходит несколько последовательных периодов испытаний в условиях близких к эксплуатационным. Предварительные испытания опытных образцов продолжаются в различных зональных условиях и в испытательном центре.

Исследование и обзор нормативной документации указывает на то, что в основном стандартами охвачены и рассматриваются общие вопросы испытаний разрабатываемой сельхозтехники. Ознакомление со стандартами по имеющимся немногим видам сельскохозяйственной техники показывает также, что разработанные в них методы испытаний содержат различный научно-методический уровень, не во всех случаях имеют должное обоснование [1].

По видам испытания предопределяются в зависимости от стадии технической разработки и степени технического совершенствования машин. Также могут различаться испытания сельхозтехники по условиям, месту и используемым методам. Могут проводиться испытания в зависимости от сроков проведения по продолжительности и от поставленных требуемых задач. При этом проверяется соответствие технологических и проектно-схемных решений, взаимосвязь с энергетическими средствами при агрегатировании с выявлением показателей для сравнения с аналогами. Предварительные и приёмочные испытания проводятся на опытных образцах. При этих испытаниях выявляются характеризующие и определяемые соответствия проектных параметров. На этой стадии конструкция машины проходит доводку и доработку до состояния работоспособности выбранной конструкции, типов узлов и рабочих органов.

Показатели технического уровня и функциональности в совокупности являются качественными показателями, которые учитываются при разработке сельскохозяйственных машин. Технический уровень машины должен быть определен новизной и воплощением в себе передовых взглядов и предпосылок перспективности. Функциональные показатели характеризуются качеством выполнения технологических операций машиной, её эргономическими и эстетическими характеристиками и получаемым эффектом от её эксплуатации [2].

Критерии, отражающие показатели качества, включают в себя агротехнические, эксплуатационно-технологические и экономические требования, служащие основой для создания и разработки новой сельскохозяйственной техники. Выбор критериев и оценка показателей качества по этим критериям осуществляется при испытаниях сельскохозяйственных машин.

Эффективность разработанной техники обеспечивается увеличением производительности труда, следовательно увеличением валового производства продукции и снижением затрат и издержек.

Но, необходимо отметить имеющиеся недостатки в применяемых методиках при испытаниях сельхозтехники, в которых не полно отражаются условия реальной среды и принимаются не достаточно характерные показатели при хозяйственном использовании машин. Обеспечение достаточной достоверности оценки по показателям качества осуществляется с учетом реального характера и свойств зональных условий и соответствии требуемых условий эксплуатации.

Отсутствие комплексности исследований в существующих программах и методиках исследований и испытаний машин приводит к получению результатов, имеющих локальный характер, не дающих объективной оценки работы машин и агрегатов. К тому же, это приводит, к сужению диапазона условий проведения экспериментов. Анализ исследований ряда методик и программ показал, что необоснованность показателей оценок объясняется также перегруженностью их незначительным удельным весом значимости [3]. Применяемый принцип сравнения при исследованиях и испытаниях приводит к относительной оценке машин и не может дать ответ на вопрос о соответствии конструкции машин производственным условиям функционирования.

В добавление к вышесказанному и к выводам по изучению материалов ранее проведенных исследований необходимо отметить, что выявление и раскрытие сущности механизмов явлений и причинно-следственных связей даст импульс в направлении к качественному повышению уровня методик испытаний и результативности решения инженерных задач. Важной составной частью задачи испытаний, требующих применения современных научных методов, является определение оптимальных регулировочных и других режимов работы машин. В настоящий момент, особенно важное значение приобретает применение прогнозирования технико-экономических показателей испытываемых машин и агрегатов. Однако в этом направлении предстоит еще долгая и кропотливая работа по обобщению соответствующих методов. Применение достижений системных наук и широкое использование методов конструктивного анализа машин позволит повысить результативность эксплуатационных испытаний сельскохозяйственной техники и сократить сроки разработки стандартов на программы и методы испытаний.

Список литературы

1. Погорелый Л.В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин. – Киев: Техника, 1981. – 175 с.
2. Бусленко Н.Б. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978.
3. Кардашевский С.В., Погорелый Л.В., Фудиман Т.М. и др. Испытания сельскохозяйственной техники. – М.: Машиностроение, 1979. – 288 с.

УДК 631.171/172

Усманов¹ А.С., Голиков¹ В.А., Рзалиев¹ А.С

¹*«Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Алматы*

О СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА КАЗАХСТАНА

Аннотация

Проанализирована системная проблема развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения. Разработана общая схема алгоритма разработки, производства, испытаний, реализации, использования и обслуживания сельскохозяйственной техники, ее инженерно-технического и производственного обеспечения. Предложены этапы инновационной деятельности в системе инженерно-технического обеспечения АПК

Ключевые слова: инженерно-техническое обеспечение, агропромышленный комплекс, разработки, внедрение

Usmanov¹ A.S., Golikov¹ V.A., Rzaliev¹ A.S.

¹*«Kazakh Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture», Almaty*

ABOUT SYSTEM ENGINEERING OF KAZAKHSTAN'S AGROINDUSTRIAL COMPLEX

Annotation

Analyzed the systemic problem of development of domestic agricultural machinery. A general diagram of the algorithm development, production, testing, implementation, use and maintenance of agricultural machinery, its engineering and production security. Proposed stages of innovation in system engineering.

Keywords: engineering and technical support, agro-industrial complex, development, introduction

Система инженерно-технического обеспечения АПК представляет собой совокупность субъектов отношений, находящихся в соответствующих взаимосвязях, а также принципов, форм, методов, организационных и экономических рычагов, направленных на разработку, проектирование, испытание, производство, реализацию, поставку, использование и обслуживание технических средств для АПК.

Основой инженерно-технического обеспечения является сельскохозяйственное машиностроение. В Казахстане эффективному развитию отечественного сельскохозяйственного машиностроения препятствует ряд системных проблем, которые можно разделить на три основные группы: законодательные, экономические и организационные [1].

Законодательные проблемы. Отсутствие законодательного регулирования отношений, возникающих в процессе: разработки, производства, испытаний, реализации, использования и обслуживания сельскохозяйственной техники; осуществления контроля за качеством производства сельскохозяйственной тех-

ники; научного и информационного обеспечения инженерно-технической системы АПК.

Экономические проблемы: недостаточное осуществление государственного регулирования; низкий уровень инвестиций в отечественное сельскохозяйственное машиностроение; недостаточное развитие материально-технической базы предприятий (заводов-изготовителей); низкий платежеспособный спрос потребителей на продукцию; труднодоступность кредитных ресурсов; законодательное ограничение возможности финансирования производства отечественной продукции лизинговыми компаниями.

Организационные проблемы: отсутствие концепций и целевых программ развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения; отсутствие координации проведения НИОКР научными, конструкторскими, проектными, испытательными, производственными и эксплуатационными организациями; отсутствие интеграционных связей науки и производства в системе инженерно-технического обеспечения АПК.

Следует отметить, что в рамках государственной программы индустриально-инновационного развития (ГПИИР) [2], разработана Программа по развитию машиностроения в Казахстане на период до 2030 г. В разработанной Дорожной карте по поднаправлению «Сельскохозяйственное машиностроение», установлены этапы разработки и производства отечественной сельскохозяйственной техники на периоды: краткосрочный (2014-2017 гг.), среднесрочный (2018-2022 гг.) и долгосрочный (2023-2030 гг.). Однако Программа не работает, существует только на бумаге, так как она не финансируется. Выполнение и реализация Программы возложено на Министерство по инвестициям и развитию (МИР) РК.

В указанной Программе не определены концепция развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения и перечни сельскохозяйственной техники для:

- освоения (производства) на отечественных предприятиях;
- приобретения по импорту;
- создания совместных сборочных производств (ССП) с зарубежными партнерами;
- создания совместных предприятий (СП) с зарубежными партнерами;
- разработка новых образцов.

На наш взгляд основой ГПИИР должно быть создание с зарубежными партнерами СП, продвижение сельскохозяйственной техники на рынок, с целью увеличения доли отечественной сельскохозяйственной техники, используемой в АПК.

Проблемы сельскохозяйственного машиностроения и АПК республики глубоко взаимосвязаны между собой. Основой новой инфраструктуры АПК и сельскохозяйственного машиностроения должны стать крупные корпоративные структуры, оснащенные современными технологиями и системами. Управление жизненным циклом (от разработки до списания) сельскохозяйственной техники, включая его сервисную поддержку в использовании, должно опираться на CALS

(Continuous Acquisition and Life Cycle Support - непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия) технологии и международные стандарты.

Действующий Закон РК от 08.07.2005 г. № 66-III «О государственном регулировании развития АПК и сельских территорий (с изменениями и дополнениями от 27.11.2015 г. № 424-V)» учитывает только: организацию обновления МТП и технологического оборудования; развитие сети МТС и осуществление мониторинга их деятельности; проведение испытаний и обязательной сертификации продукции сельскохозяйственного машиностроения отечественного и зарубежного производства; осуществление государственной технической инспекции (статья 14) и НИОКР (статья 17).

Для развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения необходимо обосновать правовые, экономические и организационные основы формирования и функционирования системы инженерно-технического обеспечения АПК по разработке, производству, испытаниям, сбыту, использованию и обслуживанию сельскохозяйственной техники, осуществлению контроля за качеством научного и информационного их обеспечения и принять соответствующий закон, как в России (Закон РФ «Об инженерно-технической системе АПК» от 24.05.1999 г. № 100-ФЗ) и Украины (Закон Украины «О системе инженерно-технического обеспечения АПК Украины» от 05.10.2006 г. № 229-V (с изменениями от 16.10.2012 г. № 5462-VI-17)).

Для создания системы инженерно-технического обеспечения АПК в республике отсутствует эффективно координирующий орган по управлению жизненным циклом сельскохозяйственной техники: исследование (НИР) – проектирование (ОКР) – испытание (оценка) – производство (изготовление) – реализация (сбыт) – доставка (транспортирование) – эксплуатация (использование по назначению машинно - тракторного агрегата и управление эксплуатационными параметрами и режимами их работы) — технический сервис (техническое обслуживание, хранение, ремонт, обеспечение запасными частями, топливо-смазочными материалами и др.) – списание (вывод из эксплуатации).

Общая схема алгоритма разработки, производства, испытания, реализации, использования и обслуживания сельскохозяйственной техники, ее инженерно-технического и производственного обеспечения представлена на рисунке 1 – источники и направления движения информации на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Инновационная деятельность или инновационный цикл системы инженерно-технического обеспечения АПК включает в себя следующие этапы:

Рождение инновационной идеи или создание изобретения; выполнение НИР; маркетинговые исследования (заказ); разработка технического задания; разработка конструкторской документации; изготовление экспериментального и опытного образцов; разработка технологической документации; технологическая подготовка производства (технологии производства в промышленном масштабе); промышленное производство продукции; сбыт продукции (выход и «завоевание» рынка); доставка продукции к потребителю; использование продукции по назначению; технический сервис продукции; списание продукции.



Рисунок 1 – Схема алгоритма разработки, производства, испытания, реализации, использования, обслуживания и списания продукции

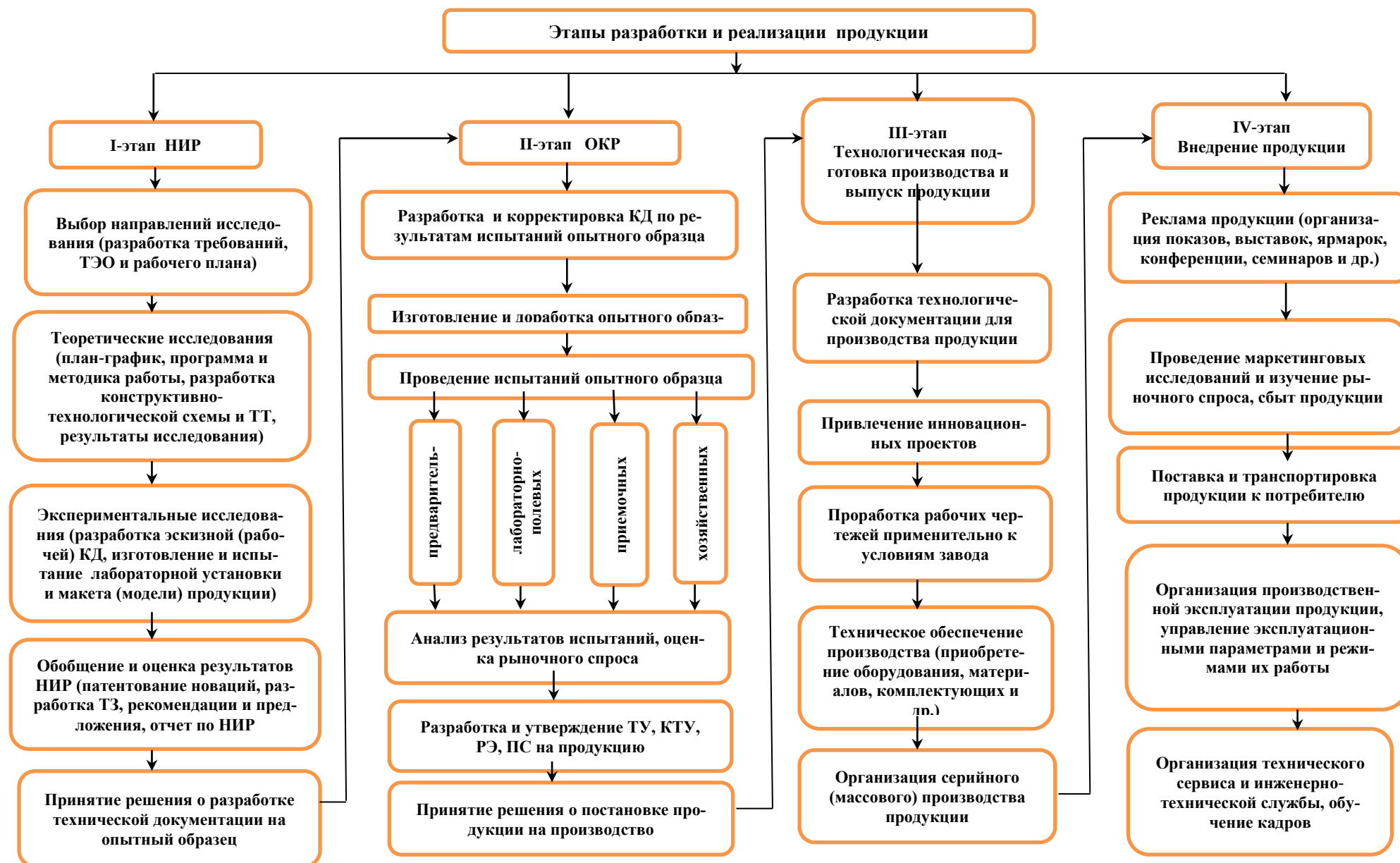


Рисунок 2 – Схема разработки, производства, реализации и внедрения продукции

Этапы инновационной деятельности в системе инженерно-технического обеспечения АПК (рисунок 2):

I этап – НИР:

- появление новой (научной) идеи (обоснование необходимости разработки, формирование исходных требований, патентные исследования);
- НИР (фундаментальные и прикладные исследования);
- разработка технического задания на создание технического средства;
- разработка принципиальной технологической схемы технического средства;
- изготовление и испытание лабораторной установки;
- изготовление и испытание макета технического средства;
- изготовление экспериментального образца нового технического средства;
- разработка исходных технических требований на техническое средство;
- патентование новаций, защита «ноу-хау»;
- принятие решения о разработке технической документации на опытный образец.

II этап – ОКР:

- разработка и корректировка конструкторской документации по результатам испытаний опытного образца;
- изготовление и доработка опытных образцов;
- проведение испытаний (предварительных, заводских, приемочных и хозяйственных) опытных образцов;
- анализ результатов испытаний, оценка рыночного спроса на продукцию;
- разработка и утверждение технических условий (ТУ), карта технического уровня (КТУ), руководство по эксплуатации (РЭ), паспорт на продукцию;
- принятие решения о постановке продукции на производство.

III этап – технологическая подготовка производства и выпуск продукции:

- разработка технологической документации для производства продукции;
- привлечение инновационных проектов;
- проработка рабочих чертежей применительно к условиям завода-изготовителя;
- техническое обеспечение (приобретение оборудования, оснастки, материалов, комплектующих и др.);
- организация серийного (массового) производства продукции.

IV этап – коммерциализация разработки (новации):

- реклама продукции (организация показов, выставок, ярмарок, конференции, семинаров и др.);
- проведение маркетинговых исследований и изучение рыночного спроса, продажа и сбыт продукции (разработка бизнес-план и паспорта инвестиционного проекта);
- поставка и транспортировка продукции к потребителю;
- организация использования продукции по назначению, управление эксплуатационными параметрами и режимами их работы;
- организация технического сервиса и инженерно-технической службы;
- обучение кадров;
- получение прибыли.

В целях взаимодействия по вопросам системы инженерно-технического обеспечения АПК необходимо создать республиканскую межведомственную комиссию (РМВК) при Кабинете Министров РК для взаимодействия по новой технике, рассмотрения результатов НИОКР, испытаний новых технологий, сельскохозяйственной техники по всему комплексу машин и принятие решений по организации производства в отрасли и внедрения их в АПК.

В основу взаимодействия должен быть положен корпоративный принцип, что обеспечивает единство управления министерствами, ведомствами, организациями и предприятиями, обеспечивающими единый, разнесенный во времени и пространстве процесс «разработка – испытание – производство – реализация – использование» конкурентоспособной продукции и оказания услуг.

В состав РМВК необходимо включить: Министерство сельского хозяйства (МСХ) РК – заказчик и потребитель; МИР РК – производитель; Министерство национальной экономики (МНЭ) РК – планирование и прогнозирование; Министерство финансов РК – финансы, Казгосстандарт – научно-техническая документация; Союз фермеров Казахстана (СФК) – заказчик и потребитель; Национальный аграрный научно-образовательный центр (НАНОЦ) – разработка и испытание; Национальное агентство по технологическому развитию (НАТР) – проектирование; Специализированное конструкторское бюро (СКБ) – проектирование; проектно-технологическое бюро (ПТБ) – технологическая подготовка производства; «КазАгроФинанс» – финансы; КазАгролизинг – финансы; «Аграрная кредитная корпорация» – финансы; «Фонд финансовой поддержки сельского хозяйства» – финансы; машиноиспытательные станции (МИС).

На наш взгляд, возрождение отечественного сельскохозяйственного машиностроения обеспечит необходимый уровень продовольственной безопасности страны, будет привлекать необходимые для этого ресурсы и управлять ими. Увеличение вклада сельскохозяйственного машиностроения в экономический рост будет способствовать решению ряда актуальных социальных проблем, как безработица, повышение образовательного и человеческого потенциала страны.

Переход к стратегии технического обеспечения АПК, учитывающей новые реалии рыночной экономики, тем более переход отечественного сельскохозяйственного машиностроения на производство качественно иной техники, естественно, не может быть произведен в одночасье. Предстоит период постепенной модернизации имеющегося парка машин, улучшение его технических характеристик, продление возможных сроков его использования.

Пересмотреть существующие и разработать при необходимости новые законодательные, правовые и нормативные акты по разработке, проектированию, производству, испытанию, использованию и обслуживанию сельскохозяйственной техники.

Управление системой инженерно-технического обеспечения АПК должно осуществляться на основе сочетания принципов государственного регулирования и состоятельности деятельности производителей и потребителей сельскохозяйственной техники.

АПК республики тесно не связан в единой технологической цепи сельскохозяйственного производства и получения готовой продукции, недостаточно координируют свою деятельность многими отраслями народного хозяйства, производящие технические средства производства для страны. Разработкой и производством сельскохозяйственной техники и оборудования для АПК должно заниматься специальное ведомство (организация) при непосредственном участии МСХ РК, МИР РК, КазАгроФинанс, КазАгролизинг, НАНОЦ, НАТР, СКБ, ПКТБ, заводов, СП и др.

Для обеспечения АПК современной сельскохозяйственной техникой и средствами механизации, достижения стабильной и эффективной работы предприятий отрасли и повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции создать отраслевое ведомство, занимающиеся проблемами сельскохозяйственного машиностроения (например: холдинг, ассоциация, корпорация, компания и т.п.)

Основными задачами деятельности ведомства считать:

- проведение единой научно-технической и инвестиционной политики в сфере сельскохозяйственного машиностроения, направленной на производство по выпуску современной высокопроизводительной сельскохозяйственной техники и средств механизации, обеспечивающих внедрение ресурсосберегающих агротехнологий в АПК;
- осуществление маркетинговых исследований внутреннего и внешнего рынков, координацию производства и поставок техники и средств механизации для АПК в соответствии со спросом, повышение конкурентоспособности производимой сельскохозяйственной техники, расширение поставок ее на экспорт;
- развитие и координация научно-технической и производственной кооперации между предприятиями, входящими в состав ведомства, и другими предприятиями республики;
- создание новых и модернизацию действующих производств по выпуску сельскохозяйственной техники и средств механизации за счет внедрения современных энерго- и металлосберегающих технологий;
- участие в управлении предприятиями, входящими в состав ведомства в соответствии с пакетами акций (паев) этих предприятий и организаций, принадлежащими ведомству, занимающиеся проблемами сельскохозяйственного машиностроения;
- широкое привлечение средств иностранных инвесторов для технического переоснащения отрасли, организация с ведущими зарубежными фирмами СП по выпуску современных видов машин и средств механизации;
- проведение единой сервисной политики в сфере обслуживания и оказания услуг сельскохозяйственной техники.

Список использованной литературы

1. Государственная программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010-2014 гг. (УП РК от 19.03.2010 г. № 958).
2. Дорожная карта по направлению «Машиностроение» под-направлению «Сельскохозяйственное машиностроение».

УДК 631.511:577.3

Мухаммадиев¹ А., Толибаев² А.Е., Халматова² З.Т., Арипов³ А.О¹*Комитет по координации развития науки и технологий
при Кабинете Министров Республики Узбекистан*²*Узбекский государственный центр по сертификации и испытанию
сельскохозяйственной техники и технологий
при Кабинете Министров Республики Узбекистан*³*АО «ВМКВ-Agromash»*

ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ СЕМЯН, ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ

Аннотация

В статье приведены агротехнология и электростимуляция семян, почвы и растений для получения дружных всходов и увеличение урожайности при возделывании сельскохозяйственных культур

Ключевые слова: *агротехнология, ультрафиолетовое облучение, электростимуляция*

Mukhammadiev¹ A., Tolibaev² A.E., Xalmatova¹ Z.T., Aripov³ A.O.¹*Committee for the Coordination of Science and Technology Development under the
Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan*²*The Uzbek State Center for Certification and Testing of Agricultural Machinery and
Technologies under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan*³*JSC «ВМКВ-Agromash»*

ELECTROSTIMULATION OF SEED, SOIL AND PLANTS

Annotation

In the article resulted agrotechnology electrostimulation of seed, soil and plants for the receipt of friendly shoots and increase of the productivity at till of agricultural cultures.

Keywords: *agrotechnology, ultraviolet irradiation, electrostimulation*

Вековые изучения учёными мира воздействия электрического поля на организм человечества и на эффективность развития растений показали, что в сравнении с химическими стимуляциями наиболее рациональными, эффективными и экологически чистыми являются физические стимуляции. Наиболее близкой к физической стимуляции, то есть электростимуляцией является в природе солнечная энергия. Научой установлено, что солнце даёт ультрафиолетовое облучение. Однако необходимо знать режим воздействия ультрафиолетового облучения (УФО) и параметры электростимулятора, потому что малое излучение не даст требуемого эффекта, а передозировка может оказать отрицательный результат на живой организм.

В связи с этим учёными и практиками Республики Узбекистан совместно со специалистами ближнего (Казахстан, Киргизия, Таджикистан и др.) и дальнего (КНР, АРЕ и др.) зарубежья с 1995 года ведутся совместные научные разработки по применению современного оборудования для ультрафиолетовых

облучений, как в медицине, так и в народно-хозяйственном производстве. Одним из таких направлений в рамках Государственных научно-технических и инновационных программ на базе АО «ВМКВ-Agromash» (г.Ташкент) совместно с другими организациями Республики Узбекистан и стран Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) является разработка технологии электростимуляции семян, почвы и растений по системе «семя-почва-растения».

Данная технология электростимуляции семян, почвы и растений (система «семя-почва-растения») рекомендуется при возделывании любых сельскохозяйственных культур (овощей и картофеля, бахчи, зерновых, цветов, лекарственных и декоративных растений, фруктовых и лесных деревьев и т.д.), на поливных, богарных и предгорных зонах, на открытом и защищённом грунте.

АО «ВМКВ-Agromash» для внедрения предлагаемой технологии электростимуляции, держит тесный контакт с научно-техническим институтом селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка (НИИССАВХ) и другими заинтересованными научно-производственными и учебными учреждениями, как в Республике Узбекистан так и за рубежом.

Рекомендуемая агротехнология осуществляется следующим образом:

- электрическое воздействие на высеваемые семена осуществляется перед высевом и во время посева;
- электрическое воздействие на почву осуществляется во время посева семян, при культивации, при защите растений от болезней и вредителей в период вегетации;
- при бороздовом поливе электростимуляция почвы и растений осуществляется перед поливом при нарезке поливных борозд;
- при капельном орошении сельскохозяйственных культур электростимуляция почвы и растений осуществляется за 2-3 дня раньше полива.

Применение данной технологии даёт следующие положительные результаты: увеличение энергии всхожести и прорастания семян, сокращения сроков созревания урожая и увеличения урожайности агрокультур, высокая прибыль при минимальных затратах, низкая себестоимость обеззараживания и стимуляции семян, экологически чистая агротехнология и безопасность обслуживающего персонала, защита от болезней и вредителей без применения ядохимикатов, минимальный расход электроэнергии, перевод продукции в разряд зелёных технологий.

Для реализации предлагаемой агротехнологии «семя-почва-растение» в АО «ВМКВ-Agromash» были разработаны стационарный и мобильный электростимуляторы. Работоспособность которых были опробованы ультрафиолетовым облучением на семенах хлопчатника сортов «Наманган-7», «Дустлик-2», С-6524 и С-6550, контролем служили необлучённые семена этих же сортов.

Известные методики полевых опытов не рассчитаны на современные способы электромагнитного воздействия на семена и растения, поэтому в процессе исследований перед нами встала задача разработки новых методик и регламента испытаний.

Таблица 1 – Результаты фенологических наблюдений всхожести семян и развития растений хлопчатника при воздействии ультрафиолетовым облучением (УФО) и контрольными вариантами

Дата посева	Сорт хлопчатника, вариант опыта	Полевая всхожесть семян, %	Высота растения, см	Количество растений на 5 м, шт.	Высота растения, см	Ширина куста, см	Число симподий на раст., шт	Число завязей на раст., шт	Число бутонов на раст., шт,	Высота растения, см	Коробочки на одном растении, шт.			Раскрытие коробочек, %	Урожайность хлопка-сырца, ц/га
											открытые	Полуоткрытые	закрытые		
24.04.2015 г.		7.05.15	11.06.15		10.07.2015					26.08.2015				15.09.15	
	С-6550 контроль	89	22	19	68	36	12	19	4	102	6	1	5	50	12,61
	С-6550 УФО (15 мин)	92	27	19	77	44	15	24	7	98	7	1	4	57	21,03
	Наманган-77 контроль	88	22	18	67	37	14	17	3	97	5	3	7	32	15,00
	Наманган-77 УФО (15 мин)	92	29	19	82	43	16	25	3	112	8	1	8	46	24,81
	С-6524 контроль	89	22	19	60	37	10	16	3	94	4	2	4	38	18,09
	С-6524 УФО (15мин)	95	28	19	79	40	13	23	4	93	11	1	7	53	24,60
	Дустлик контроль	87	22	20	65	31	10	18	4	101	6	1	4	49	16,04
	Дустлик УФО (15 мин)	94	27	19	71	38	16	23	5	94	9	3	4	53	21,84

Узбекским государственным центром по сертификации и испытанию сельскохозяйственной техники и технологий при Кабинете Министров Республики Узбекистан (УзГЦИТТ) совместно с НИИССАВХ и АО «ВМКВ-Agromash» в рамках государственной научно-технической программы Комитета по координации развития науки и технологий при Кабинете Министров Республики Узбекистан проводятся научно-исследовательские работы по разработке регламента и агротехнической оценки эффективности технологии и технических средств электростимуляции хлопчатника, на период 2015-2017 гг.

Электростимуляцию высеваемых семян проводили в лабораторных условиях воздействием стационарного электростимулятора, разработанного в АО «ВМКВ-Agromash», в течение 15 минут, при спектре волн 365-435 нм. Полевые исследования на качество всхожести и энергии прорастания семян проводились на экспериментальном поле НИИССАВХ. Высев проводился 24-25 апреля 2015 года, по схеме 60х25х1 [1].

Во время вегетации растений, после получения всходов с интервалом в 26 дней (биологическое время между стадиями физиологического развития растения), трижды растения подвергались воздействию УФО навесной мобильной установкой, разработанной в АО «ВМКВ-Agromash» и установленной на культивируемый агрегат (трёхколёсный трактор МТЗ-80 «Беларус» + культиватор растениепитатель КРХ-4).

Результаты фенологических наблюдений за вегетационный период 2015 года показали, что воздействие УФО как на семена, так и на вегетирующие растения, дают ощутимый эффект в сравнении с контрольным посевом (таблица 1) [2].

На период 2016-2017 годы планируется продолжение изучений и уточнение режимов работы и параметров ультрафиолетового облучения и электростимуляторов по системе «семя-почва-растения» для возделывания хлопчатника. На основании лабораторно-полевых исследований будет разработан регламент на программы и методы испытаний агроэлектротехнологии (электростимуляции) и технических средств (электростимуляторов, оборудования ультрафиолетового облучения) для возделывания хлопчатника.

Список литературы

1. Автономов В. и др. Изменчивость признака «Поражаемость растений VERTICILLIUMDAHLIAEKLUB» в зависимости от экспозиции воздействия УФО у сортов хлопчатника С-6524, «Чимбай-5018» и «Дустлик-2» .Ташкент, Журнал “AGRO ILM- O’zBEKISTON QISHLOQ XO’JALIGI “ № 1 (33), 2015, 12-14 с.
2. Отчет о научно-исследовательской работе за 2015 год по теме: «Разработка регламента и агротехническая оценка эффективности технологии и технических средств электростимуляции хлопчатника» УзГЦИТТ, Гульбахор, 2015г. – 98 с.
3. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники, часть II. Нормативно-справочный материал. – М.: МСХП РФ, 1998. – 251 с.

Осадчий¹ Г.Б.,

¹Омск, Россия

УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В РОССИИ

Аннотация

Приведена классификация энергоэффективности по результатам зарубежных и отечественных ученых. Рассмотрены системы отопления в зарубежных странах. Проведен анализ энергосберегающих технологий и систем централизованного теплоснабжения.

Ключевые слова: тепловой насос, энергопассивные дома, система отопления, теплоснабжение

Osadchiy¹ G.B.,

¹Omsk, Russia

CONDITIONS FOR EFFECTIVE USE THERMAL PUMPS IN RUSSIA

Annotation

The classification of energy efficiency based on the results of foreign and domestic scientists is given. Heating systems in foreign countries are considered. Analyzed energy-saving technologies and district heating systems.

Keywords: heat pump, energy-passive houses, heating system, heat supply

Перспективы развития современной теплоэнергетики рассмотрим в разрезе трех порогов энергоэффективности по классификации Е.Г. Гашо [1] и рекомендаций Н.П. Паршукова и В.М. Лебедева [2].

Классификацию по Е.Г. Гашо приведем полностью. «Климатическая ситуация в России беспрецедентна, т.к. большинство населения живет в гораздо более холодных условиях, чем в Европе или Северной Америке. Даже во всех странах Северной Европы отопительный сезон существенно короче и мягче чем в средней полосе России. А из европейских городов с миллионным населением только Хельсинки может сравниться с Москвой по энергоклиматическим нагрузкам, по годовому количеству градусо·часов.

Градусо·часы отопительного периода – это произведение длительности отопительного периода на разницу температур между требуемой в помещении (+ 20 °С) и средней температурой воздуха на улице в отопительный период. Это показатель теплового дефицита конкретной территории. В районе Москвы длительность отопительного сезона составляет 199 суток, а средняя внешняя температура отопительного периода – около - 1,5 °С. То есть в этой полосе дефицит тепла составляет примерно 103 тысячи градусо·часов, в то время как в районе Стокгольма меньше 90 тысяч. Если сравнить Московскую область с территориями европейских столиц, то ситуация ещё нагляднее. В Париже отопительный сезон четыре месяца против московских семи, а дефицит тепла почти в три раза меньше, 38 тысяч градусо·часов. Лондон по этому показателю примерно на

уровне Парижа. Однако Москва не самый холодный город в России. У нас, чем севернее и восточнее, тем зимой холоднее.

Более рассредоточенная система расселения в Западной Европе объясняется, в том числе и её климатом. Если принять, что необходимость коммунальных систем жизнеобеспечения возникает, начиная с дефицита тепла в 84000-96000 градусо·часов, то для большинства регионов России предпочтительнее концентрация потребителей тепла и, соответственно, использование централизованных систем тепло и электроснабжения. Что и предопределяет компактность проживания. В Европе города с тепловой нагрузкой свыше 60 % от московских значений тоже активно развивают централизованное теплоснабжение и теплофикацию.

Можно сказать, что в России существует климатическая граница, которая разделяет районы, где эффективно централизованное и децентрализованное отопление. В Центральном регионе России она проходит примерно на широте Белгорода и Саратова. Это, соответственно, и граница теплоэффективности строительства коттеджей. Неслучайно, что выше этой границы население в России живет компактнее.

Тепловые потери здания прямо пропорциональны важнейшему теплоэнергетическому показателю – удельной отопительной характеристики. То есть чем больше площадь ограждающих конструкций стен с окнами, тем больше потери. Так, если разделить большое здание общим объемом 100 тысяч м³ на десять отдельных строений объемом по 10 тысяч м³, то потери тепла возрастут в 2,5 раза. И чем больше дробится здание, тем больше увеличиваются затраты на отопление. Из этого также следует, что уменьшение зданий до объемов менее 2500-3000 м³ энергетически невыгодно.

На основании этого можно утверждать о трех порогах энергоэффективности зданий и поселений.

Первый порог возникает при переходе от коттеджей (индивидуальных домов) к многоквартирным с объемом 3000 м³. Ориентировочно это два подъезда, три-четыре этажа. У таких домов резко уменьшается отношение внешней площади стен к объему, снижается поступление холода к внутренним помещениям. Удельное потребление в таких зданиях ниже по сравнению с коттеджами примерно в три раза.

Второй порог энергоэффективности возникает, когда таких домов становится много и тепловая нагрузка оказывается достаточной для создания централизованного отопления. Второй порог – это город на 90-150 тысяч населения. Как только город приближается к такому уровню, становится эффективным централизованное отопление. Пусть это будут даже котельные на пять-шесть домов, но удельные затраты будут меньше. Наличие хорошей общей для города ремонтной службы тогда оправдано. (Системы централизованного теплоснабжения от котельных эффективнее любых децентрализованных источников тепла при плотности тепловых нагрузок более 1,07-1,28 ГДж/ч на 1 га независимо от их значений [2]).

Неэффективность централизованного теплоснабжения в малых поселениях подтверждается математической моделью управления аварийными запасами материально-технических ресурсов на объектах в случае аварийного ремонта.

Рассмотрим модель оптимизации времени выполнения аварийных строительно-монтажных работ по источнику [3], в том числе, когда снабжающая организация (склад) находится далеко.

Момент отказа T – случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону:

$$F_t(x) = 1 - \exp(-ax).$$

Потребность в трубах для аварийных строительных работ $W_{(м)}$, также случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону:

$$F_w(x) = 1 - \exp(-bx).$$

В момент времени $T = 0$ завезено определенное количество труб $Q_{(м)}$. При этом стоимость доставки труб на место складирования при удельной стоимости c_o будет равна:

$$C_d = c_o Q.$$

Если этого запаса Q хватает для восстановления работоспособности трубопровода ($W \leq Q$), то продолжительность ремонтно-строительных работ определим временем t_1 .

Если этого запаса не хватает ($W > Q$), то продолжительность ремонтно-строительных работ определим временем $t_2 > t_1$.

Ущерб от недопоставки транспортируемого по трубопроводу продукта (тепла) потребителям (в единицу времени) определим величиной c_1 . Таким образом, можно определить средние затраты на материально-техническое обеспечение строительства для устранения аварийной ситуации по отношению:

$$C = c_o Q + F_w(Q) c_1 t_1 + [1 - F_w(Q)] c_1 t_2, \quad (a)$$

где $F_w(Q) = 1 - \exp(-bQ)$. Это для случая, когда отдаленность затрат во времени не учитывается и интервал времени T никак не влияет на затраты.

Если отдаленность затрат учитывается, то средние затраты будут равны:

$$C_t = c_o Q + [a/(a + g)] \{F_w(Q) c_1 t_1 + [1 - F_w(Q)] c_1 t_2\},$$

где g – коэффициент, учитывающий отдаленность затрат.

Преобразуем соотношение (a) к виду:

$$C = c_o Q + c_1 t_1 + c_1 (t_2 - t_1) \exp(-bQ).$$

Дифференцируем и приравниваем нулю производную:

$$c_o - c_1 (t_2 - t_1) b \exp(-bQ) = 0.$$

Отсюда получаем:

$$\beta = \exp(-bQ) = c_o / [c_1 (t_2 - t_1) b]. \quad (б)$$

Если выполняется условие $\beta < 1$, то минимум средних затрат существует. Кроме того, величина $\exp(-bQ)$ представляет собой вероятность дефицита. В некоторых случаях можно ввести ограничение: вероятность дефицита меньше некоторой заранее заданной величины p .

Таким образом, если выполняется неравенство $\beta < p$, то ограничение автоматически учитывается. Отсюда следует, что величина $\beta = c_0/[c_1(t_2 - t_1)b]$ должна быть достаточно малой. Тогда существует минимум.

Если $\beta \geq 1$, а это происходит при очень большой стоимости c_0 , то минимум не существует, т.е. не существует оптимального решения задачи материально-технического обеспечения ресурсами малых поселений в аварийных ситуациях на теплотрассах.

Третий порог — переход к городу с численностью населения 300 тысяч жителей. Тогда становятся эффективными ТЭЦ, которые вырабатывают, не только тепло, но и электричество. В этом случае повышается КПД использования топлива примерно на треть. Кстати, географы показали, что город с населением 300 тысяч человек оптимален не только с точки зрения энергоэффективности, но и с точки зрения организации транспорта и комфортности проживания в целом. В городах с населением более 500 тысяч эти преимущества начинают утрачиваться.

По данным института «ВНИПИэнергопром» теплофикационные системы эффективнее систем централизованного теплоснабжения от котельных при плотности тепловой нагрузки более 2,1 ГДж/ч на 1 га и тепловой мощности 2000 – 2500 ГДж/ч

Это может быть или сравнительно крупный город с количеством жителей не менее 200 тыс. человек или крупное промышленное предприятие с круглогодичным потреблением тепла на технологические нужды. Ведь обязательным условием размещения ТЭЦ — это достаточность потребителей тепла [2].

А города с миллионным населением в России с её климатом — это особый случай. Это города военно-промышленного комплекса, они создавались искусственно, и вопросы эффективности и затрат не рассматривались. Вот почему они сейчас в тяжелом состоянии — превышен оптимальный размер. И для их развития нужны специальные инфраструктурные решения и по энергетике, и по транспорту.

Если обратимся к зарубежному опыту, то следует отметить, что в Европе повсеместно сочетаются централизованное и распределительное теплоснабжение. В зонах высокой нагрузки в крупных городах работают централизованные системы. А децентрализованные системы их дополняют и используются в небольших городах, где строить ТЭЦ неэффективно. Но, конечно, многое определяет климат. Зима Берлина по градусо-суткам — это ползимы Москвы. А на юге ФРГ, в районе Мюнхена, централизованное отопление в отдельные зимы не приносит прибыли.

Один из главных аргументов против централизованных систем — потери на теплотрассах и перетопы. Однако когда речь идет о плотной застройке, то тепловые потери приемлемы. С перетопами дела обстоят значительно хуже.

Утепление существующих домов в России не всегда оправдано. При нынешнем соотношении цен на топливо и стройматериалы, наши температурные условия и банковские проценты, утепление стен будет окупаться от 40 до 120 лет. И ключевым фактором оказываются не цены, а банковская ставка! И только когда банковская ставка понижается ниже 8 % годовых, резко возрастает роль цены топлива.

Опыт либерализации в сфере ЖКХ в ряде стран показал, что базовые факторы успеха не форма и статус собственника, а прозрачность деятельности организации, её подотчетность, компетентность и добросовестность персонала. Как правило, мы платим за 100 единиц тепла, хотя в дом реально приходит 65. Это связано, в том числе с тем, что с 1975 года началось плавное сокращение инвестиций в энергетику.

Электропотребление на квадратный метр в России непрерывно растет, потому что появляется новая техника. Раньше «квартира» потребляла в среднем 3 кВт·ч в сутки, потом — 7, сейчас уже — 15, и это не предел. И это тогда, когда у нас потребление электроэнергии в два раза меньше на душу населения, чем в промышленно развитых странах. Кроме того, у нас ограничение потребления электроэнергии во многом связано с потерями электроэнергии в электрических сетях, например, в Подмосковье они выше, чем по теплу. Потери доходят до 15 – 18 %».

Перспективы развития современной теплоэнергетики неразрывно связаны также с поставками топлива, в том числе угля. Причем выгодность поставок угля также имеет условно три порога эффективности. Первый порог – поставки угля эшелонами на ТЭЦ, второй порог – поставки угля большими самосвалами на котельные и третий порог – это развоз угля мелким автотранспортом децентрализованным потребителям. Третий порог поставок и использования угля вообще должен быть, по возможности, исключен, т.к. при использовании угля в частных домах, усадьбах каждодневный его розжиг требует значительного количества дров. Кроме того осенью и весной для минимального обогрева помещений часто используют одни дрова, без угля.

Поскольку ниже будет рассматриваться эффективность теплоснабжения за счет использования тепловых насосов (ТН), то немного остановимся на технологических решениях выработки холода.

Сегодня производство холода повсеместно осуществляется в основном за счет электроэнергии. Это не всегда оправдано как с энергетической, так и с экономической точки зрения.

Вместе с тем появляются технологии производства холода, использующие ярко выраженные вторичные топливно-энергетические ресурсы (ТЭР). Так централизованная система холодоснабжения в Амстердаме долгое время являлась «секретным оружием» Нидерландов. В стране существует несколько таких небольших систем. Большинство из них аккумулируют тепло и холод в подземных водоносных слоях и снабжают теплом (зимой) и холодом (летом) одно или несколько зданий; однако эти аккумуляторы слишком малы, чтобы рассматривать их как централизованную систему. В 2003 г. энергетическая компания Nuon приняла решение об установке в Амстердаме коммерческой централизованной системы холодоснабжения при содействии Шведской управляющей

компании Capital Cooling Europe. Мощность централизованных систем охлаждения спроектирована для максимального потребления в 76 МВт. Ожидается, что в 2012 г. они будут поставлять 100 МВт·ч холода за счет холода со дна озера Ньюве-Мэр и холода, получаемого от охлаждающих установок. Обычные охлаждающие установки в зданиях имеют низкий коэффициент преобразования энергии, около 2,5. В проектируемой системе центрального холодоснабжения для международного делового центра Цуидас в Амстердаме для производства 36 МДж холода потребуется только 1 кВт·ч электроэнергии. Эта централизованная система холодоснабжения уменьшит выбросы CO₂ на 75 %.

Ни для кого не секрет, что сегодня аккумулирование тепловой энергии является ключевой составляющей во многих энергосберегающих системах отопления и охлаждения зданий. Оно служит для долговременного хранилища и солнечного тепла, помимо тепла и холода «извлекаемых» из воздуха. Такие технологии получают все большее распространение во многих странах, при этом используются (или не используются) ТН.

Во многих коммерческих зданиях в системах охлаждения и системах кондиционирования широкое распространение получила так называемая ледяная вода и аккумуляторы холода (льдоаккумуляторы). Они используются для того, чтобы избежать оплаты электроэнергии в периоды её максимального потребления, когда она наиболее дорогая.

Разрабатываются и другие энергосберегающие технологии. Так, можно значительно увеличить теплоемкость легких строительных конструкций, используя материалы, претерпевающие фазовый переход (Phase Change Materials). В настоящее время ведутся исследования по использованию для отопления и охлаждения микро-инкапсулированных парафинов в штукатурке или в гипсовых панелях или в кровлях. Перегрев помещений можно уменьшить или полностью устранить путем увеличения теплосодержания материалов здания. С помощью таких материалов, которые в ночное время под действием естественной вентиляции — «холодного» ночного воздуха отдают запасенное тепло, в доме будет поддерживаться комфортная температура. Но такой дом зимой труднее прогреть как после дневного, так и длительного отсутствия.

А на Украине рассматривается обогрев жилого района на острове Хортица (легендарный остров, где располагалась знаменитая Запорожская Сечь. В настоящее время остров является частью города Запорожья) ТН с использованием теплоты воды реки Днепр с температурой до + 3 °С [4].

Удельные затраты $b_{т.н}$ условного топлива ТН на единицу отпущенной энергии определяются по следующей зависимости [5]:

$$b_{т.н} = \frac{1 + \lambda}{\mu q \eta_{эл}^{ТЭС'}}$$

где $q = 29,31$ МДж/кг — теплота сгорания единицы условного топлива;

λ — доля технологических потерь электроэнергии при транспортировке от энергоисточника до потребителя; $\eta_{эл}^{ТЭС'}$ — КПД выработки электроэнергии на конденсационной ТЭС.

$\mu = Q/W$ — коэффициент трансформации теплоты ТН,

где Q – количество теплоты отпущенной потребителю ТН; W – суммарные затраты электроэнергии на приводы компрессора и устройств, обеспечивающих подачу низкопотенциального теплоносителя в испаритель ТН.

Рядом ученых-практиков проблемы теплоснабжения предлагается решать с помощью возведения энергопассивных домов. Термин «Энергопассивный дом» относится к строительным стандартам. Эти стандарты могут быть выполнены с использованием различных технологий, конструкций и материалов. Автономная система электро- и теплоснабжения таких домов состоит, как правило, из фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) и солнечных нагревателей, на крыше.

Энергопассивные дома имеют близкое к нулю потребление внешнего тепла, т.к. для обеспечения комфортной температуры в течение отопительного сезона достаточно поступления солнечной радиации через окна, а также теплового излучения от бытовых приборов и людей. (Однако, поступление тепла от приборов связано с использованием электроэнергии, а при её производстве по конденсатному циклу (когда для энергопассивных домов тепловая энергия не нужна) будет происходить рассеивание тепла (до 60 % от полученного при сжигании топлива) через градирни. В связи с этим остается открытым вопрос — куда относить эти потери тепла? Логично было бы относить эти потери на баланс таких энергопассивных домов.

Наиболее активно работы по энергопассивным домам ведутся сейчас в Германии – рассматриваются возможности резкого снижения потребления энергии, необходимой для отопления зданий, за счет различных комбинаций; улучшения теплоизоляции т.д. Эти мероприятия, по мнению специалистов, должны стать основой характеристик зданий будущего.

В настоящее время существующие не усовершенствованные здания старой постройки требуют в год на отопление от 300 до 400 кВт·ч/м² энергии, потребность для зданий будущего поколения должна составить от 20 до 40 кВт·ч/м² и далее до нулевого значения (таблица 1).

Таблица 1 – Эволюция годового энергопотребления зданий в Германии (прогнозные оценки на несколько десятилетий)

Группа зданий	Энергопотребление
I	Здания старой постройки, эксплуатируемые сегодня, в которых удельный расход энергии на отопление составляет от 300 до 400 кВт·ч/м ²
II	Здания, соответствующие требованиям законодательства Германии по теплозащите 1982 – 1984 годов (действующим и сегодня), в которых удельный расход энергии на отопление составляет от 150 до 200 кВт·ч/м ²
III	Здания с низким энергопотреблением (low-energy house (LEH), построенные с использованием современных строительных материалов, соответствующих немецким требованиям по теплозащите 1995 года), в которых удельный расход энергии на отопление составляет от 50 до 80 кВт·ч/м ²
IV	Здания с ультранизким энергопотреблением (ultra-house), в которых удельный расход энергии на отопление составляет от 20 до 40 кВт·ч/м ²
V	Здания с нулевым расходом энергии. Здания с нулевым расходом энергии на

отопление. Здания, обеспечивающие собственные энергетические потребности.

Для снижения энергопотребления зданий, в соответствии с таблицей 1 по мнению германских специалистов достаточно учесть следующие элементы, перечисленные в порядке их значимости:

высокоэффективная теплоизоляция;

современные «интеллектуальные» отопительные установки и системы регулировки отопления, соответствующие высокому уровню теплоизоляции с высоким КПД;

большие стеклянные поверхности (окна) для пассивного использования солнечного излучения, установленные, преимущественно, на южной стороне здания;

рекуперация тепла в системах вентиляции (воздух выходит из дома и поступает в него не через обычный вентиляционный выход, а через подземный воздуховод, снабженный рекуператором), регулируемых пользователем;

положительное отношение жильцов к зданиям с низким энергопотреблением. Выбирая режим проветривания и температуру помещения, потребитель значительным образом влияет на тепловой баланс здания и, тем самым, на потребление энергии, на отопление. Поэтому проекты современных энергоэффективных зданий должны предусматривать тесное взаимодействие с жильцами, иначе возможно либо снижение уровня комфорта, либо увеличение потребления энергии.

Принципиальная схема работы вентиляции энергопассивного дома следующая: зимой холодный воздух входит в подземный воздуховод, нагреваясь там за счет тепла земли, а затем поступает в рекуператор. В рекуператоре отработанный домашний воздух ещё больше нагревает свежий и выбрасывается на улицу. Нагретый свежий воздух, поступающий в дом, имеет в результате температуру около 17 °С. Летом горячий воздух, поступая в подземный воздуховод, сразу охлаждается там от контакта с «землей» до этой же температуры.

Конечно, в эволюционном развитии зданий следует учитывать расход энергии за весь период жизненного цикла здания, т.е. расход энергии на строительство, эксплуатацию, снос и утилизацию здания. При расчете жизненного цикла здания необходимо учесть не только потоки энергии, но и потоки материалов и отходов. Иначе для здания с низким энергопотреблением, но построенного с большими энергетическими затратами, общие затраты энергии за период жизненного цикла могут оказаться очень велики [6, 7].

Из приведенного следует, что здания с нулевым энергопотреблением - это, прежде всего здания, с активным и пассивным использованием для энергообеспечения солнечного излучения.

Сегодня большинство зданий в России имеют низкую энергоэффективность, уступая стандартам европейских параметров для строительства обычных домов, не говоря уже об энергопассивных. Как ни странно, но в более теплой Германии применяются более жесткие нормы по теплоизоляции помещений. Так, например, удельный годовой расход тепла для обычного немецкого дома

находится на уровне — не более 300 кВт·ч/м³ в год, в то время как в России — 400 – 600 кВт·ч/м³ в год. Из этого следует, что энергопассивные дома гораздо актуальнее в наших суровых условиях, чем в относительно мягком климате большинства стран Запада.

В настоящее время в России, медленно, но верно происходит повышение энергоэффективности ограждающих конструкций зданий.

Расход тепла $Q_{от}$, Дж, на отопление жилого дома для каждого месяца можно рассчитать по зависимости [8] с дополнением:

$$Q_{от} = \sum_{i=1}^n K_i S_i \Delta\theta t + Q_{инф} + Q_{х.в} - Q_{в.т},$$

где K_i – расчетный коэффициент теплопотерь (теплообмена) для i -го элемента ограждающей конструкции (стен, окон, потолка, пола), Вт/(м²·°C); S_i – площадь поверхности i -го элемента ограждающей конструкции, м²; $\Delta\theta$ – расчетная разность температур, °C; t – продолжительность расчетного периода, ч; $Q_{инф}$ – теплопотери, обусловленные инфильтрацией холодного воздуха, Дж; $Q_{х.в}$ – теплопотери, обусловленные нагревом холодной воды в трубопроводах, водяных затворах, бачках, Дж; $Q_{в.т}$ – внутреннее тепловыделение от людей, оборудования, осветительных приборов, Дж.

Для многослойных стен и других элементов ограждения коэффициент теплопотерь равен:

$$K = \left(\frac{1}{h_{в}} + \sum_{j=1}^m \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_{н}} \right)^{-1},$$

где $h_{в}$ и $h_{н}$ – коэффициенты теплоотдачи для внутренней и наружной поверхности стены, Вт/(м²·°C); δ_j и λ_j – толщина (м) и коэффициент теплопроводности j -го слоя ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C).

А средний расход из пруда теплоты $Q_{г.в.}$, Дж, на горячее водоснабжение за расчетный период

$$Q_{г.в.} = 1,2ac_p\rho(\theta_{г.в} - \theta_{х.в})Nn,$$

где N – число жителей; a – норма расхода воды на горячее водоснабжение жилых зданий на 1 человека в сутки, л/сут.; $\theta_{х.в}$ – температура холодной (водопроводной) воды, °C; $\theta_{г.в}$ – температура горячей воды, °C; c_p – удельная изобарная теплоемкость воды, равная 4190 Дж/(кг·°C); ρ – плотность воды, кг/л; n – число дней в расчетном периоде.

Переход в России к малоэтажному строительству сопровождается трудностями организации гарантированного теплоснабжения. И как следствие этого начинается использование ТН, которые имеют свои особенности в части достижения эффективности теплоснабжения. Для ТН очень важен коэффициент трансформации теплоты, зависящий в основном от температурных параметров аккумулятора теплоты — грунта, воды, а также и воздуха. В общем виде тепловой режим грунта формируется под действием трех основных факторов — па-

дающей на поверхность солнечной радиации, температуры воздуха и потока тепла из земных недр, который как правило, составляет не более 0,05 – 0,12 Вт/м².

При эксплуатации грунтового массива, находящегося в пределах зоны теплосбора/теплоотдачи, вследствие сезонного изменения параметров наружного климата, а также под воздействием эксплуатационных нагрузок на грунт он может подвергаться многократному замораживанию и оттаиванию. Агрегатное состояние влаги, заключенной в порах грунта, изменяется. В общем случае она находится в жидкой, твердой и газообразной фазах одновременно. В капиллярно-пористых образованиях, которыми является грунтовой массив системы теплосбора/теплоотдачи, наличие влаги в поровом пространстве оказывает заметное влияние на процесс распространения тепла. При наличии в толще грунтового массива температурного градиента молекулы водяного пара перемещаются к местам, имеющим пониженный температурный потенциал. Одновременно под действием гравитационных сил возникает противоположно направленный поток влаги в жидкой фазе. Кроме этого, на температурный режим верхних слоев грунта оказывает влияние влага атмосферных осадков и грунтовых вод.

Связанная в грунте вода не замерзает при 0 °С, т.к. является «твердым» телом; прочносвязанная вода замерзает при температуре минус 78 – 186 °С. Вода макрокапилляров ($r > 10^{-7}$ м), если не содержит растворенных солей, должна замерзать при 0 °С; микрокапиллярная вода замерзает в температурном диапазоне от 0 до минус 50 °С; капиллярно-поглощенная вода замерзает при минус 4 °С; 5 – 6 мономолекулярных слоев вообще не могут кристаллизоваться, а переходят в стеклообразное состояние; при очень низких температурах замерзает монослой [9].

В таблицах 2 – 5 приведены данные о среднемесячных температурах грунта на различных глубинах для некоторых городов России [10].

Таблица 2 – Средние естественные температуры грунта (°С) по месяцам на глубине 1,6 м для некоторых городов России

Города	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Астрахань	7,5	6,1	5,9	7,3	11	14,6	17,4	19,1	19,1	17	13,6	10,2
Барнаул	2,6	1,7	1,2	1,4	4,3	8,2	11	12,4	11,6	9,2	6,2	3,9
Братск	0,4	–0,2	–0,6	–0,5	–0,3	0,0	3	6,8	7,2	5,4	2,9	1,4
Иркутск	–0,8	–2,8	–2,7	–1,1	–0,5	–0,2	1,7	5,0	6,7	5,6	3,2	1,2
Магадан	–6,5	–8,0	–8,8	–8,7	–3,9	–2,6	–0,8	0,1	0,4	0,1	–0,2	–2,0
Москва	3,8	3,2	2,7	3,0	6,2	9,2	12,1	13,4	12,5	10	7,3	5,0
Новосибирск	2,1	1,2	0,6	0,5	1,3	5,0	9,1	11,3	10,9	8,8	5,8	3,6
Оренбург	4,1	2,6	1,9	2,2	4,9	8,0	10,7	12,4	12,6	11	8,6	6,0
Пермь	2,9	2,3	1,9	1,6	3,4	7,2	10,5	12,1	11,5	9,0	6,0	4,0
Сочи	11,2	9,8	9,6	11	13,4	16,2	18,9	20,8	21	19	16,8	13,5
Ставрополь	5,0	4,0	3,8	5,3	5,3	8,8	12,2	15,7	15,1	13	9,7	6,8

Хабаровск	0,3	-1,8	-2,3	-1,1	-0,4	2,5	9,5	13,3	13,5	11	6,7	3,0
Ярославль	2,8	2,2	1,9	1,7	3,9	7,8	10,7	12,4	11,5	9,5	6,3	3,9

Таблица 3 – Температура грунта ($^{\circ}\text{C}$) в Ставрополе (почва — чернозем)

Глубина, м	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,4	1,2	1,3	2,7	7,7	13,8	17,9	20,3	19,6	15,4	11,4	6,0	2,8
0,8	3,0	1,9	2,5	6,0	11,5	15,4	17,6	17,6	15,3	12,2	7,8	4,6
1,6	5,0	4,0	3,8	5,3	8,8	12,2	14,4	15,7	15,1	12,7	9,7	6,8
3,2	8,9	8,0	7,4	7,4	8,4	9,9	11,3	12,6	13,2	12,7	11,6	10,1

Таблица 4 – Температура грунта ($^{\circ}\text{C}$) во Владивостоке (почва бурая каменистая, насыпная)

Глубина, м	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,4	-3,7	-3,8	-1,1	1,0	7,3	12,7	16,7	19,5	17,5	12,3	5,2	0,2
0,8	-0,1	-1,4	-0,6	0,0	4,4	10,4	14,2	17,3	17,0	13,5	7,8	2,9
1,6	3,6	2,0	1,3	1,1	2,9	7,7	11,0	14,2	15,4	13,8	10,2	6,4
3,2	8,0	6,4	5,2	4,4	4,2	5,5	7,5	9,4	11,3	12,4	11,7	10,0

Таблица 5 – Температура грунта ($^{\circ}\text{C}$) в Якутске (почва илисто-песчанная с примесью перегноя, ниже — песок)

Глубина, м	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,4	-16,8	-17,4	-15	-8,4	2,5	11,0	15	13,8	6,7	-1,9	-8,0	-13
0,8	-12,4	-14,1	-13	-8,4	-1,4	5,0	9,4	9,6	5,3	0,0	-3,4	-8,1
1,6	-5,6	-7,4	-7,9	-7,0	-4,1	-1,8	0,3	1,5	1,1	0,1	-0,1	-2,4
3,2	-1,7	-2,6	-3,8	-4,4	-4,2	-3,4	-2,8	-2,3	-1,9	-1,8	-1,6	-1,5

Как видно из данных таблиц 2 – 5, характерной особенностью естественного температурного режима грунта является запаздывание минимальных температур грунта относительно времени наступления минимальных температур наружного воздуха (к моменту наступления этих температур в грунте нагрузка на системы теплоснабжения снижается).

Исследования, проведенные в ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ», показали, что потребление тепловой энергии из грунтового массива к концу отопительного сезона вызывает вблизи регистра труб системы теплосбора понижение температуры грунта. Температура грунта в почвенно-климатических условиях большей части территории РФ не успевает восстановиться в летний период года, и к началу следующего отопительного сезона грунт выходит с пониженным температурным потенциалом. Потребление тепловой энергии из грунта в течение следующей зимы вызывает дальнейшее снижение его температуры, и к началу

третьего отопительного сезона температурный потенциал грунта ещё больше отличается от естественного, и т.д, т.е. образуются участки «вечной мерзлоты».

Огибающие графиков теплового влияния многолетней эксплуатации системы теплосбора на естественный температурный режим грунта имеют ярко выраженный экспоненциальный характер, и только к пятому году эксплуатации колебания температуры грунта выходят на новый режим, близкий, к периодическому. Начиная с пятого года эксплуатации, многолетнее потребление теплоты из грунтового массива систем теплосбора сопровождается периодическими изменениями его температуры.

Учитывая это обстоятельство, при проведении районирования территории РФ по эффективности применения теплонасосных систем (ТНС) теплоснабжения ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» в качестве критерия эффективности выбран средний за 5-й год эксплуатации коэффициент трансформации теплоты.

Данные таблиц 2 – 5 и исследования ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» показывают, что российские почвы имеют очень низкие температуры, чтобы их тепловой потенциал мог бы обеспечивать высокий коэффициент трансформации теплоты ТН в течение длительных зим.

При использовании массива грунта объемы извлекаемого из него низкопотенциального тепла должны быть соизмеримы с генерирующей мощностью ТН (ТНС), без учета глубинного тепла, т.к. поступающее из недр земли тепло, например, на участке площадью 200 м^2 равно примерно 20 Вт, это столько сколько выделяют 4 курицы-несушки (курица выделяет 5 Вт теплоты). Использование глубинной энергии грунта аналогично использованию нефти, газа и угля, в том смысле, что этот локальный источник рано или поздно истощается. А для потребителя тепла (здания) это угроза лишиться дорогого по стоимости источника теплоснабжения, поскольку перенести здание на новое место не реально.

Использование ТН может быть (будет) намного эффективнее в приложениях. Например, когда используется массив грунта, расположенный вблизи прокладки силовых электрокабелей. Ведь при их эксплуатации всегда выделяется тепло (длительно допустимая температура нагрева жил кабелей при эксплуатации $+70 - 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$, допустимая при перегрузке до $+90 - 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Также реально использование массива грунта под коллектором, например, канализационных стоков на выходе из дома, где температура стоков наиболее высокая и отсутствует опасность их замерзания.

Большая эффективность будет достигаться, если использовать в качестве источника низкопотенциальной теплоты проницаемый массив грунта, расположенный между двумя колодцами, неглубокими скважинами и т.д. В этом случае, при заборе из одного колодца воды в другом уровень понижается, следовательно, вода, проходя через грунт, подогревает его, восстанавливая температурный потенциал. Резко расширяются границы (зона) теплосбора (съемка тепла) охватывая области как расположенные между колодцами (скважинами), так и вокруг них и под ними.

В качестве источника энергии окружающей среды для ТН актуально использование теплоты, замерзающей воды котлована, если рядом нет малого водного потока, исходя из того, что в частном доме (коттедже) стоков всегда мало. Удельная теплота фазового перехода воды в лед, при замерзании составляет 334 кДж/кг, в то время как удельная теплоемкость для грунтов в среднем равна 1,5 кДж/кг·°С.

Удельная теплоемкость окружающего воздуха 1 кДж/кг·°С. Плотность воздуха в 800 раз меньше плотности воды, а его температура зимой значительно ниже температуры замерзающей воды.

Массив грунта можно зимой пополняться энергией за счет теплоты удаляемого из помещений воздуха, если воздухопровод проходит через этот массив. Эффективность рекуперации в этом случае возрастает тогда, когда в воздуховоде происходит конденсация испарившейся с поверхности листьев комнатных растений, кожи и легких людей воды, пара образующегося при приготовлении пищи, мытье посуды, приема душа, влажной уборке.

В этом случае обеспечивается аккумулялирование грунтом значительного объема низкопотенциальной теплоты (при конденсации 1 кг пара воды аккумулялируется 0,63 кВт·ч теплоты).

Высокая относительная влажность в жилых помещениях обычно наблюдается во время начала отопительного сезона, когда просушиваются стены. Тогда воздух сильно насыщается водяным паром. Температура точки росы такого воздуха высокая (таблица 6), что обеспечивает, при конденсации пара в воздуховоде «подогрев» массива грунта.

Таблица 6 – Точка росы для влажного воздуха при атмосферном давлении. В зависимости от температуры t , сухого воздуха и относительной влажности [11]

$t, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность, %										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	Точка росы, $^\circ\text{C}$										
1	3,	4,8	6,2	7,4	8,5	9,6	10,	11,	12,	13,	14,
4	7	7,0	8,3	9,4	10,	11,	5	4	3	1	0
1	5,	8,9	10,	11,	5	6	12,	13,	14,	15,	16,
6	6	10,	0	3	12,	13,	6	5	4	2	0
1	7,	5	11,	13,	4	5	14,	15,	16,	17,	18,
8	4		9	1	14,	15,	6	5	5	2	0
2	9,				4	5	16,	17,	18,	19,	20,
0	2						5	4	3	2	0

Как видно из таблицы 6 эффективность аккумулялирования теплоты, при конденсации паров воды из воздуха будет возрастать с повышением влажности. К сырým помещениям не жилого сектора, относительная влажность в которых длительно превышает 75 %, относятся: овощехранилища, доильные залы, молочные, кухни общественных столовых и т.п., а также при наличии установок микроклимата: животноводческие помещения. Особо сырые помещения — это помещения, где относительная влажность воздуха близка к 100 %; потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой. Это моеч-

ные в мастерских, цеха для приготовления влажных кормов, коровники, сви-
нарники, телятники, птичники и другие, при отсутствии в них установок по со-
зданию микроклимата.

Эффективность трансформации теплоты тепловым насосом также можно
повысить, если для обогрева помещений применить интенсивный съем тепла с
конденсатора ТН за счет вентилятора. Тогда температура конденсатора может
быть снижена до 25 – 35 °С.

Для теплоснабжения большое значение имеет стоимость тепла. Особое
значение в этом случае имеет вид топлива, используемого для выработки теп-
лоты. Так не редко, для воздушного отопления производственных, складских
помещений, ферм, агропромышленных комплексов, строительных объектов, в
том числе и при проведении чистовых отделочных работ применяются возду-
хонагреватели использующие дизельное и газовое топливо (таблица 7).

Таблица 7 – характеристика воздухонагревателя модели SP-60

Номинальная тепловая мощ- ность, кВт	Подача возду- ха, м ³ /ч	Перепад темпе- ратур, °С	Расход дизель- ного топлива, кг/ч	Потребляемая электрическая мощность, кВт
63,3	4300	44	5,88	1,6

Как следует из таблицы 7 для выработки 1 кВт·ч тепловой энергии расхо-
дится около 0,1 л дизельного топлива. При его цене 24 рублей/литр, стоимость
1 кВт·ч тепловой энергии с учетом стоимости только топливной составляющей
равна 2,4 рублей, т.е. равна стоимости электроэнергии.

Несмотря на это часто фермеры вынуждены применять такой дорогой вид
теплоснабжения, поскольку от микроклимата в фермах напрямую зависят
надои молока (рисунок 1).

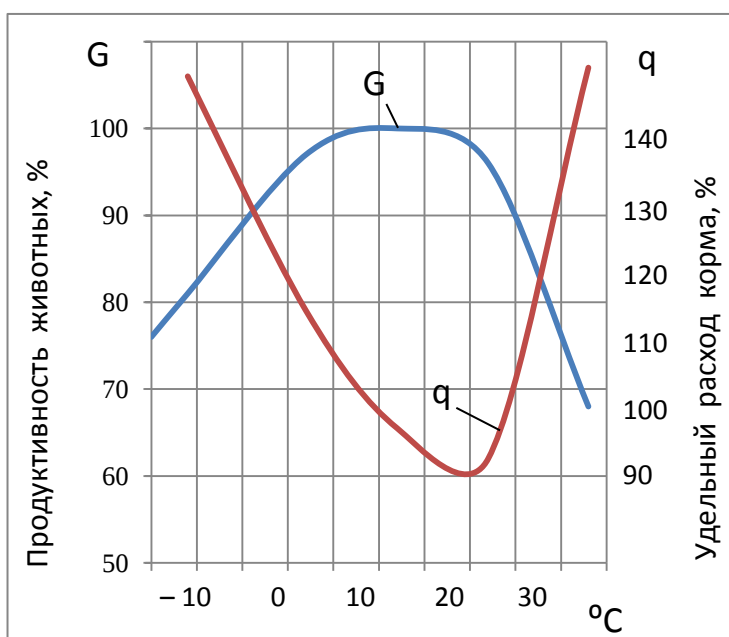


Рисунок 1 – Зависимость надоев молока и

Это связано с тем, что длительная селекция пород животных по продуктивному признаку привела к некоторо-
му ослаблению энергосбере-
гающих механизмов адапта-
ции (физической терморегуля-
ции) и, наоборот, развитию
энергорасточительных процес-
сов приспособления (химиче-
ской терморегуляции), что
сказывается на продуктивно-
сти животноводства.

удельного расхода кормов от температуры
воздуха при влажности 75-80%
в зоне размещения коров

Как следует из рисунка 1, потери в молочном животноводстве могут быть достаточно большими при отсутствии инженерного оборудования поддержания микроклимата на фермах (системы холодотеплоснабжения). Использование электроэнергии для генерации теплоты ТН в эпоху социализма показало следующее (таблица 8).

Как следует из таблицы 8, при стоимости 1 кВт·ч электроэнергии в 3 – 5 раз выше, чем 1 кВт·ч тепловой, теплоснабжение ТН от естественной теплоты грунта экономически не выгодно, конечно по сравнению с прямым использованием электроэнергии на обогрев [12].

Таблица 8 – Электропотребление на теплоснабжение сельского дома заводского изготовления при использовании ТН для извлечения теплоты грунта в условиях Латвийской

Потребители энергии	Расход электроэнергии, $Q_{\text{Э}}$		Полученная теп- лота из грунта $Q_{\text{Г}}$ (кВт·ч)	$Q_{\text{Г}}/ Q_{\text{Э}}$
	кВт·ч	%		
Отопление	8700	61,8	—	—
Горячее водоснабжение	3553	25,2	—	—
Бытовые расходы кроме при- готовления пищи	1824	13,0	—	—
ВСЕГО	14077	100	30427	2,483

Но не везде, т.к. в российской электроэнергетике длина линий электропередачи — 2,5 млн км. Транспортная составляющая в общем тарифе на электроэнергию достигает 45 – 50 % и выше. Генерация электроэнергии неравномерна по территориям. Из-за этого разница в цене электрической энергии, например, для жителей Сибири в 2010 году достигала пяти раз. В Иркутской области — 62 коп./кВт·ч (для сельского населения 43,4 коп./кВт·ч). При одноставочном тарифе жители Алтайского края платили 2,56 руб./кВт·ч, а при использовании дифференцированного тарифа жители, имеющие газовые плиты, за электроэнергию в пиковые часы платили 3,8 руб./кВт·ч, а в ночные часы — 1,94 руб./кВт·ч.

Поскольку экономическая эффективность использования ТН в основном зависит от стоимости электроэнергии, то электроприводные ТН должны применяться когда:

температура стоков (грунта) большую часть года выше 20 °С (коэффициент трансформации ТН электроэнергии в теплоту более 5);

потребитель теплоты децентрализован;

отопительный сезон краток (когда строительство разветвленных тепло-трасс экономически не выгодно);

имеется значительный избыток дешевой электроэнергии (ГЭС, ВЭС);

производство электроэнергии не связано со сжиганием органического топлива, с параллельным производством теплоты, например, на ГЭС, ФЭС, ВЭС.

Однако и здесь есть противоречия. Когда электроэнергия дешевая, то зачем покупать дорогой ТН, не выгоднее ли с финансовой точки зрения жителю дома использовать электроэнергию на обогрев напрямую. Это аналогично тому: зачем покупать дорогие энергосберегающие электрические лампочки, если они не окупаются за время эксплуатации.

Обработка эффективного теплоснабжения проводилась и на комбинированных системах теплоснабжения (КСТ), с использованием солнечной и ветровой энергии.

Исследование по использованию КСТ показало её затратность из-за большого количества дублирующих друг друга устройств, капиталоемкости и малых $K_{иум}$ (табл. 9)

Таблица 9 – Энергопотребление сельского дома на теплоснабжение при КСТ с широким использованием нетрадиционных источников энергии в условиях Латвии

Расход и покрытие теплопотребления	тыс. кВт·ч	%
Потребность в тепловой энергии на теплоснабжение дома	50	—
То же, с улучшенной теплоизоляцией	40	—
То же, при установке рекуперативного теплообменника	32	100
Покрывание потребности на теплоснабжение дома		
от солнечного коллектора	3	9,4
от ВЭС	9	28,1
от электрического котла	12	37,5
от пиковой топливной тепловой установки	8	25,0

В представленной КСТ по мнению исследователей [12] в принципе возможна её работа при работе солнечного коллектора, ВЭС и электрического котла (использующего ночную электроэнергию) на общий аккумулятор.

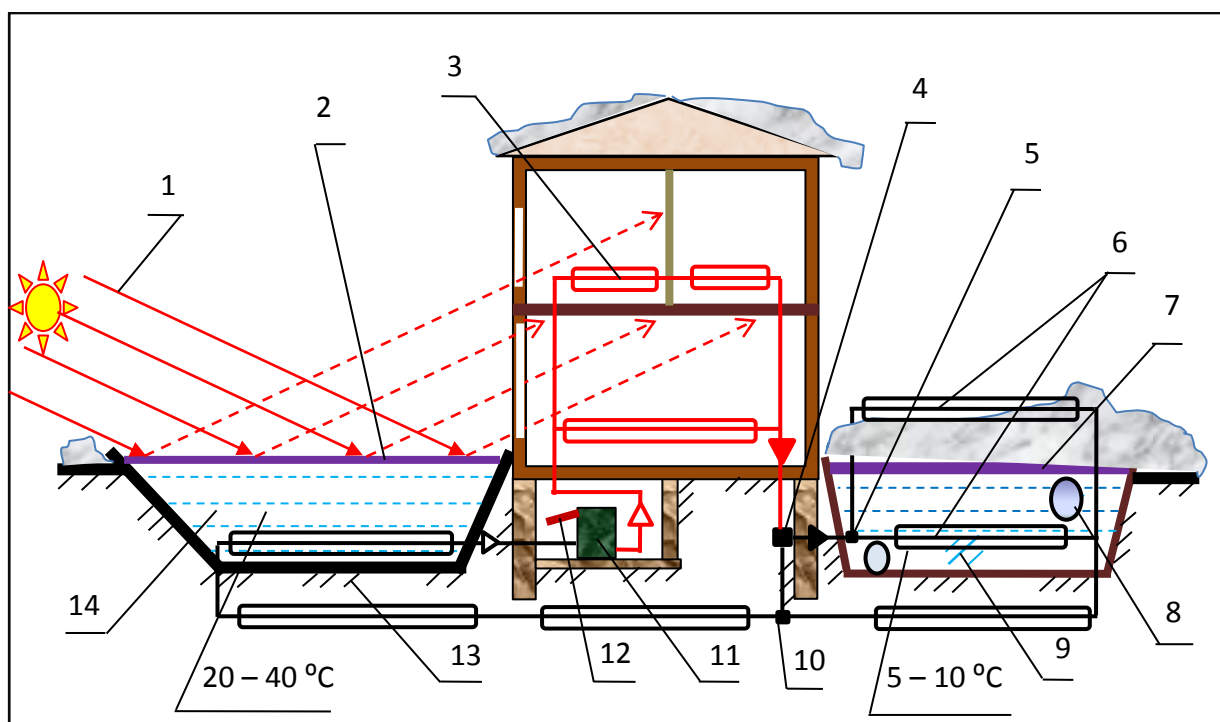
Работа любой системы централизованного теплоснабжения имеет свои особенности. Так, например, для того чтобы поднять температуру внутри помещений с централизованным теплоснабжением на 1 °С, нужно прокачивать через систему на 15 – 17 % больше теплоносителя (горячей воды). Аналогично, при сильных морозах, из-за повышения потерь тепла в теплотрассах, для их компенсации необходимо увеличивать прокачку теплоносителя по их трубам. Но тут возникает серьезное ограничение, которое накладывается, во-первых, параметрами эксплуатации тепловых систем (давлением и расходом теплоносителя), а во-вторых, изношенностью. Невозможно бесконечно наращивать потребляемую тепловую нагрузку, поскольку сети испытывая предельную нагрузку быстрее «стареются».

Для повышения температуры помещений, локально отапливаемых ТН, не требуется, в отличие от централизованного теплоснабжения, работа системы на пределе, потому что, если нет тепловой сети, то нет и дополнительных потерь тепла при морозах. Так при исследовании работы традиционного ТН установ-

лено. Удельная тепловая мощность расположенного в подвале дома грунтового теплообменника, отнесенная к одному погонному метру трехметровой скважины с U-образными полиэтиленовыми трубками диаметром 16×2 мм, находится в интервале 24 – 52 Вт/м. Величина удельного теплового потока из грунта, отнесенная к площади той части здания, в которой пробурены скважины, находится в диапазоне 39 – 86 Вт/м². Изменение температуры наружного воздуха в период проведения исследований в интервале значений от +28 до минус 15 °С, не оказало заметного влияния на величину теплового потока от грунта, расположенного под зданием.

Поскольку точное определение закономерностей тепловых режимов сложных системных контуров ТН представляет собой практически неразрешимую математическую задачу, в то же время и эмпирический поиск в силу огромного разнообразия конструктивных решений, становится неоднозначным. Изыскание указанных закономерностей целесообразно производить на базе соответствующих разумных допущений, и дробления, позволяющих построить простые математические модели, которые, не позволяя количественно оценить всю систему, но без большого ущерба количественных показателей отдельных элементов контура дают возможность изучать и качественно оценивать происходящие в системе процессы.

Рассматриваемая система теплоснабжения для Омской области из монографии [13] представлена на рисунке 2.



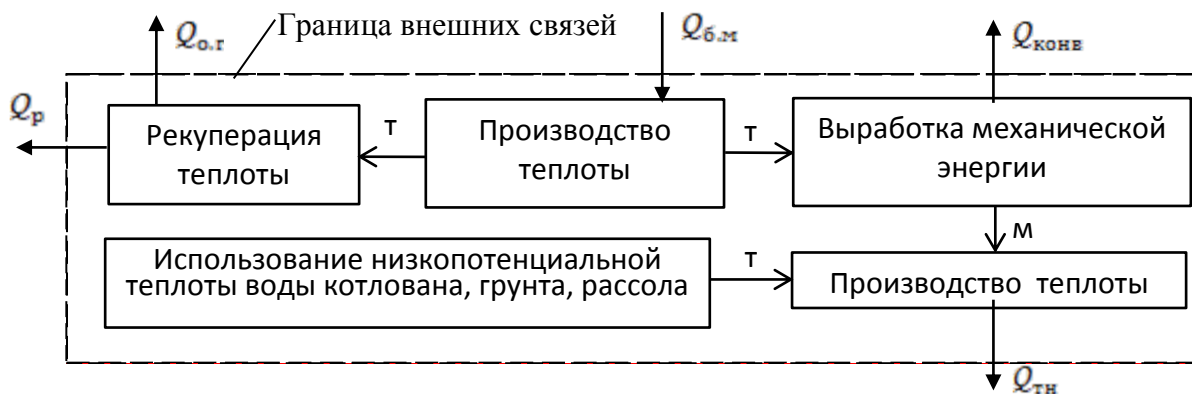
1 – солнечное излучение; 2, 7 – теплоизоляционное покрытие; 3 – конденсатор теплового насоса; 4 – дроссель; 5, 10 – регулятор потока хладагента; 6 – испаритель теплового насоса; 8 – воздуховод; 9 – котлован с талой водой; 11 – хладомёт (двигатель Стирлинга с компрессором); 12 – тепловая гравитационная труба (термосифон); 13 – грунт; 14 – солнечный соляной пруд

Рисунок 2 – Схема системы теплоснабжения (ТН_{ТП})

Принцип работы системы теплоснабжения (рис. 2), обеспечивающей зимой поддержание соответствующей температуры в помещениях отдельно стоящего здания, происходит следующим образом. Хладомёт 11 (двигатель Стирлинга с компрессором) обеспечивает обогрев помещений посредством циркуляции хладагента по рабочему контуру теплоприводного теплового насоса (ТН_{ТП}): конденсатор 3 – дроссель 4 – испаритель 6. Хладомёт 11 работает от энергии сгорания биометана, обогревающего укороченную тепловую трубу 12 (конструкция топок-форсунок условно не показана), или горячей воды системы отопления. В качестве органического топлива для обогрева тепловой трубы 12 может быть использован торф, высушенный с использованием солнечной энергии.

В испарителе 6 за счет тепловой энергии воды 9 происходит парообразование хладагента, пар далее подогревается от теплоты грунтов, расположенных под котлованом, зданием и под прудом (13) и рассола пруда 14. Подогретый пар сжимается в компрессоре с повышением температуры, затем горячий пар хладагента поступает в конденсатор 3, где он, вначале частично охлаждается, затем конденсируясь, отдает теплоту фазового перехода на обогрев помещений. Конденсат хладагента поступает в дроссель 4, где его давление понижается, а затем – в испаритель 6. Цикл повторяется [13].

Расчетная схема внешних и внутренних энергетических связей системы теплоснабжения изображенной на рисунке 2, представлена на рисунке 3.



Т – теплота; М – механическая энергия; $Q_{ог}$ – поступление теплоты от сжигания биометана; $Q_{ог}$, $Q_{ог}$, $Q_{ог}$ – отпуск теплоты от теплового насоса, от конвектора (неиспользованной теплоты термодинамических циклов двигателя Стирлинга), рекуперированной теплоты отходящих газов; $Q_{ог}$ – потери теплоты с отходящими газами

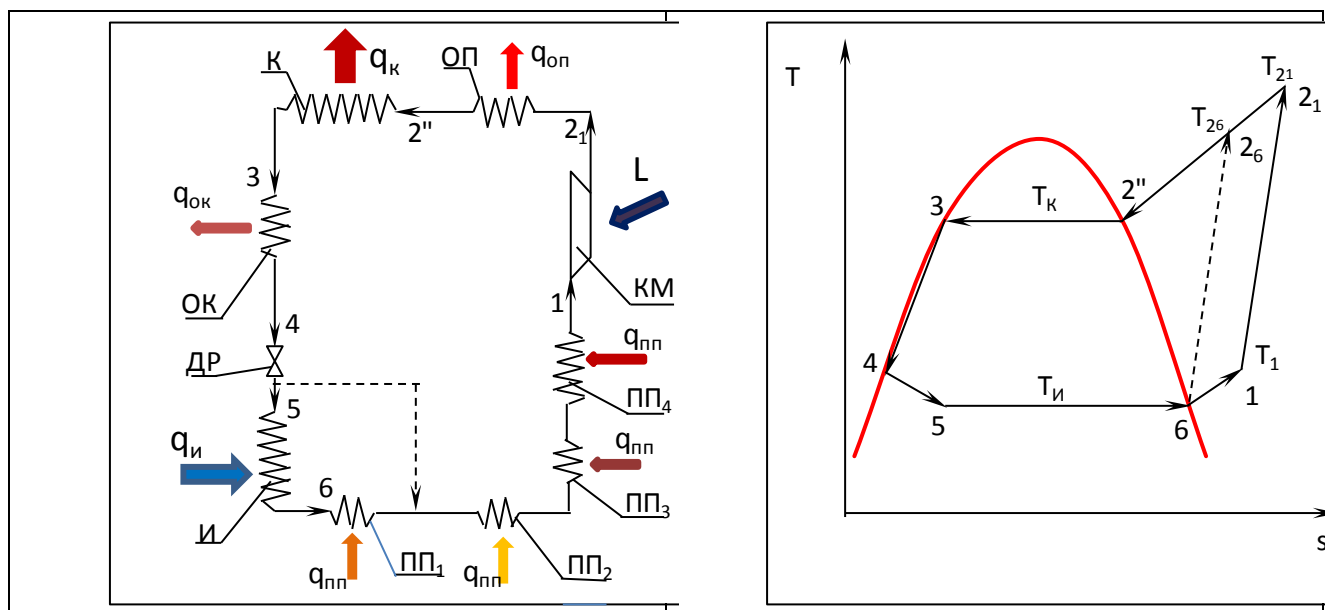
Рисунок 3 – Принципиальная расчетная схема внешних и внутренних энергетических связей системы теплоснабжения

Энергетическая эффективность предложенной системы теплоснабжения основывается на том, что в её составе уже есть источники низкопотенциальной теплоты (таялая вода котлована, грунт, соляной рассол пруда). Это двухступенчатая система (по времени) генерации теплоты.

Причем первая ступень генерации, запасание низкопотенциальной теплоты водой котлована, грунтом и рассолом пруда, была осуществлена в летний период с совершением полезной работы — выработкой холода.

Учитывая это, остановимся на самых важных моментах.

Первый момент, — это то, что в приведенной выше системе теплоснабжения (рисунки 2, 3) испарение хладагента, достижение его паром 100 % сухости и последующий перегрев этого пара перед компрессором в ТН_{ТП} (в отопительный период) осуществляется как минимум в 2 – 3 этапа. Вначале хладагент испаряется за счет теплоты талой воды котлована (или наружного воздуха), а также, за счет теплоты грунта, под котлованом. Окончательное испарение во влажном паре жидкого хладагента, при его дальнейшем движении по испарительному контуру ТН_{ТП}, осуществляется за счет теплоты грунта, находящегося под зданием. Зимой это будет теплота, «покидающая» здание через подвал (эти тепловые потери для многоэтажного жилого дома обычно составляют около 10 %, от всех потерь). И наконец, пар хладагента дополнительно подогревается: от теплоты грунта, находящегося под солнечным соляным прудом. От теплоты, придонного рассола пруда, «теряемой» прудом вниз, за счет теплопроводности изоляции дна пруда и грунта (рисунки 2 и 4).



КМ – компрессор; ОП — охладитель пара хладагента; К – конденсатор; ОК – охладитель конденсата хладагента; ДР – дроссель; И – испаритель; ПП₁ – перегреватель пара рабочего тела, расположенный под котлованом; ПП₂ – перегреватель пара хладагента, расположенный под зданием; ПП₃ – перегреватель пара хладагента, расположенный под солнечным соляным прудом; ПП₄ – перегреватель пара хладагента, расположенный в солнечном пруду (В схеме условно не показан испаритель, размещенный на воздухе)

Рисунок 4 – Принципиальная схема системы теплоснабжения и круговой процесс в Т, s-диаграмме

Как видно из схемы (рисунок 4) и конденсатор тоже по существу представлен 3^х ступенчатым. Такое «дробление» конденсатора на 3 ступени воз-

можно (выполнимо) только при размещении системы теплоснабжения на малых объектах. Только в этом случае можно подобрать участки здания с разными требованиями по температуре обогрева, обеспечив соответствующую прокладку «трассы» конденсации. Так оборудование ОП можно разместить в детской или в комнатах проживания пожилых, оборудование ОК можно использовать для подогрева, поступающего в здание холодного воздуха или холодной воды. На ТНС можно организовать **только** эффективный регенеративный теплообмен. На ТНС для размещения оборудования ОП и ОК необходимы соответствующие по мощности источники потребления теплоты.

Как видно из рисунка 4, при движении хладагента по испарительному контуру предложенного ТН_{ТП}, температура низкопотенциальных источников теплоты постепенно возрастает. Пар хладагента будет поступать в компрессор с температурой придонного рассола пруда. Поздней осенью, в начале зимы температура придонного рассола пруда будет оставаться порядка 20 – 40 °С, и даже выше. Следовательно, в этот период времени для поднятия температуры пара хладагента сжатием до 75 – 85 °С будет требоваться минимальное удельное количество механической энергии. Дополнительно тепловую энергию для зимнего периода можно аккумулировать тепловыми аккумуляторами с использованием теплоты фазового перехода. Так, одним из наиболее простых и доступных рабочих веществ, для аккумулирования солнечной энергии прудом, может быть аккумулятор теплоты, заполненный парафином. Его температура плавления 40–56 °С, теплоемкости: жидкой фазы 2,68 кДж/(кг·°С), твердой фазы - 2,35 кДж/(кг·°С), теплота плавления 156 кДж/кг. Эти физические характеристики парафина позволяют накапливать (в интервале температур плавления) примерно в 3,5 раза больше теплоты, чем вода. Фактический коэффициент трансформации теплоты в этот период может быть и не столь высоким. Однако перегретый пар обеспечивает при сжатии повышение его температуры на входе в ОП.

По мере прохождения отопительного сезона талая вода котлована будет охлаждаться интенсивнее рассола пруда, т.к. будет отдавать наибольшее количество теплоты — в котловане осуществляется самый энергоемкий процесс холодильного цикла — испарение хладагента. Вначале в большие морозы, возможно, будет происходить образование льда на испарителе (при малых площадях теплопроводящих стержней), и основной забор низкопотенциальной теплоты тогда будет, перемещаться в ПП₁, затем по мере его захолаживания (обращения его испарителя ледяными наростами) интенсивный забор теплоты будет в ПП₂, и так далее. Во время смягчения морозов, когда потребление низкопотенциальной теплоты уменьшается они (котлован, ПП₁, ПП₂ и т.д.) частично восстанавливают свой потенциал, за счет выравнивания температуры в массивах. Восстановление может быть обеспечено за счет работы испарителя, размещенного на воздухе, за счет теплоты воздуха в оттепели.

В грунтовых аккумуляторах теплоты труднее организовать отбор тепла из массива, т.к. проблематично без вскрытия грунта рационально расположить «веером» теплопроводящие стержни. Если же стержни монтировать со вскрытием грунта, то после засыпки стержней теплопроводность массива (засыпки)

будет примерно в 2 раза, ниже, по сравнению с грунтом естественной плотности, до вскрытия.

Захлаживание источников низкопотенциальной теплоты, тех, где происходит испарение хладагента, обуславливается следующим. Так, для испарения, например, 1 кг фреона Ф-12 в котловане при температуре минус 5°C и давлении $2,6 \text{ кгс/см}^2$ требуется 154 кДж теплоты, а для перегрева 1 кг его пара с -5 до $+30^{\circ}\text{C}$ при том же давлении, всего 15,9 кДж теплоты (в 9,7 раза меньше). Если при этом с -5 до $+5^{\circ}\text{C}$ пар Ф-12 при давлении $2,6 \text{ кгс/см}^2$ будет, подогреваться за счет теплоты грунта, находящегося под котлованом, затем за счет теплоты грунта, находящегося под зданием и от теплоты грунта, находящегося под солнечным соляным прудом, и на это будет, тратиться 6,4 кДж теплоты, то, при работе ТН_{ТП} с рабочим телом Ф-12 из пруда будет забираться, для рассмотренного диапазона температур и давления, всего 9,5 кДж теплоты, т.е. в 16,2 раз меньше теплоты, чем из котлована.

Примерно такая же пропорция (различие) наблюдается в объемах теплоты выделяющейся при превращении 1 м^3 воды в лед и при остывании 1 м^3 рассола пруда. Так 1 м^3 воды котлована при замерзании выделяет 334 МДж теплоты, а 1 м^3 17% раствора поваренной соли (плотность $1,12 \text{ т/м}^3$, теплоемкость $3,5 \text{ кДж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$) придонного слоя пруда, при остывании на 10°C , выделяет всего 39,2 МДж теплоты, т.е. в 8,5 раз меньше. Расхождения в пропорциональности могут быть нивелированы за счет объема воды в котловане, превышающем объем рассола в пруду.

Если использовать в качестве хладагента фреон R134a (температура кипения при давлении 760 мм ртутного ст. минус $26,5^{\circ}\text{C}$), то следует отметить следующее; испарение 1 кг R134a при минус 5°C и давлении $2,43 \text{ кгс/см}^2$ требует 200,9 кДж теплоты, а для перегрева 1 кг его пара, при давлении $2,43 \text{ кгс/см}^2$, с -5 до $+30^{\circ}\text{C}$ требуется 22,6 кДж теплоты (в 8,9 раза меньше).

Следовательно, при интенсивном отборе теплоты из котлована, и грунтовых аккумуляторов придонный рассол пруда; будет остывать медленно (дольше оставаться теплым), а значит, значительный перегрев пара хладагента перед компрессом в предложенной системе теплоснабжения может быть осуществлен до января-февраля. Синхронизации этого будет способствовать тот факт, что тепловые потоки при испарении хладагента на порядок выше, чем при перегреве пара хладагента, при прочих равных условиях.

Если проанализировать эффективность отдельных процессов, происходящих в ТН_{ТП} (по схеме рисунка 4), то можно утверждать, что более глубокое охлаждение конденсата хладагента в ОК, связанное с противоточным подогревом поступающего в здание даже подогретого зимнего воздуха или холодной воды однозначно увеличивает энергетическую эффективность ТН_{ТП} в целом. Процесс же перегрева 6-1 сопровождается увеличением работы сжатия перегретого пара в компрессоре.

Решим задачу по определению, в первом приближении, отношения; разности энтальпий перегретого пара в точках 2₁ и 2₆, полученную в результате использования для сжатия перегретого пара (точка 1) и пара насыщенного (точка

б), к величине увеличения работы сжатия из-за переноса её начала из точки 6 в точку 1. Для этого воспользуемся методикой расчета (примером 2.5) из книги [14].

Исходные данные:

Внутренний адиабатный КПД компрессора равен $\eta_i = 0,8$;

По Т, s-диаграмме хладагента Ф-12 находим параметры рабочего тела в точках:

Точка 6, насыщенный пар: температура 0°C ; давление 3 кгс/см^2 ; $h_6 = 574 \text{ кДж/кг}$;

Точка 1, перегретый пар: температура $+20^\circ\text{C}$; давление 3 кгс/см^2 ; $h_1 = 586 \text{ кДж/кг}$;

Точка 2₆, сжатый до 10 кгс/см^2 пар: температура 48°C ; $h'_{26} = 596 \text{ кДж/кг}$;

Точка 2₁, сжатый до 10 кгс/см^2 пар: температура 68°C ; $h'_{21} = 610,5 \text{ кДж/кг}$;

Ход расчета

Энтальпия фреона в точке 2₁, на выходе из компрессора $h_{21} = h_1 + (L_1/\eta_i) = 586 + (610,5 - 586)/0,8 = 616,6 \text{ кДж/кг}$

Энтальпия фреона в точке 2₆, на выходе из компрессора $h_{26} = h_6 + (L_6/\eta_i) = 574 + (596 - 574)/0,8 = 601,5 \text{ кДж/кг}$

Удельная внутренняя работа компрессора для точек 1-2₁ $L^B_1 = h_{21} - h_1 = 616,6 - 586 = 30,6 \text{ кДж/кг}$

Удельная внутренняя работа компрессора для точек 6-2₆ $L^B_6 = h_{26} - h_6 = 601,5 - 574 = 27,5 \text{ кДж/кг}$

Искомое отношение $(h_{21} - h_{26})/(L^B_1 - L^B_6)$ равно $(616,6 - 601,5)/(30,6 - 27,5) = 4,87$.

Следовательно, если для повышения энтальпии хладагента (Ф-12) и его температуры на выходе из компрессора использовать перегрев пара перед компрессором, то дополнительная затрата работы будет **в разы** меньше приращения энтальпии после сжатия.

В данной системе теплоснабжения наряду с грунтовыми источниками низкопотенциальной теплоты, используемыми для испарения хладагента и перегрева его пара используются вода, лед и раствор соли, которые имеют более высокие теплофизические свойства, по сравнению с грунтами. Удельная теплоёмкость: воды составляет $4,19 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$; льда $2,26 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$; раствора поваренной соли около $3,5 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$. Теплопередача в воде и растворе соли осуществляется за счет конвекции. Коэффициент теплопроводности льда $2,2 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$, осадка поваренной соли $3,6 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$. А для сухих грунтов он составляет $0,55$; для маловлажных грунтов $1,1$; грунтов средней влажности $1,7$; для сильновлажных грунтов $2,3 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$.

Кроме того, за счет повышения давления перед компрессором, можно организовать испарение хладагента непосредственно в той части испарителя, которая расположена в солнечном соляном пруду. Когда температура в пруду составляет, например, $+20 - 40^\circ\text{C}$. Конечно, хладагент в этом случае должен быть направлен в обход котлована (на рисунке 4 показано пунктирной линией), что оправдано, когда вся вода в котловане замерзла. Однако, использование ис-

точника теплоты; малой общей теплоемкостью и относительно высокой температуры, как остывающий рассол солнечного соляного пруда, не может в большинстве случаев стать энергетически равнозначным использованию даже только одного источника с большей общей теплоемкостью и с более низкой температурой. Поэтому преимущества совместного использования зимой ТН_{ТП} низкопотенциальных источников теплоты различных объемов: большого объема (котлована с замерзающей водой) с температурой ниже 0 °С и малого (остывающего рассола солнечного соляного пруда) с температурой выше 0 °С несомненно.

Постоянное использование только теплоты пруда для работы ТН_{ТП} наиболее оправдано, когда в него есть поступление теплоты извне, будь то осенняя или весенняя солнечная энергии, или любая другая.

Осенью, недостаточно нагретая вода в котловане может быть заменена более теплой, если такая имеется. Или, она может быть нагрета до 15-25 °С в период «бабьего лета», за счет циркуляции воды котлована через плоский солнечный коллектор. Это обеспечит на время работу системы с более высоким коэффициентом трансформации теплоты, и в конечном итоге уменьшит расход топлива на привод компрессора в течение зимы. Нагрев воды котлована, например, объемом в 100 м³ на 10 °С позволяет аккумулировать более 3,9 ГДж тепловой энергии для зимнего периода.

Второй важный момент, это два контура испарения у ТН_{ТП}. Избирательная работа контуров испарения в зависимости от температуры уличного воздуха позволяет использовать теплый воздух, например, в оттепели, экономя теплоту котлована для морозных периодов. Это в конечном итоге приводит к уменьшению объема котлована.

Третий не менее важный момент, это то, что для привода компрессора не используется электроэнергия. Известно, что 97 % стоимости жизненного цикла электродвигателя расходуется, на электроэнергию и лишь 3 % составляет его покупная цена. Около 2/3 общего количества электрической энергии в мире расходуют электродвигатели.

В последнее время (до экономического кризиса) особенно в энергодефицитных районах, был усилен контроль над исполнением Инструкции о порядке согласования применения электрокотлов и других электронагревательных приборов (утв. Минтопэнерго РФ 24 ноября 1992 г.).

В п. 5.1 данной Инструкции отмечено, что применение электроэнергии для отопления и горячего водоснабжения может рассматриваться только при условии включения электронагревательных приборов в ночное время, оснащения их аккумуляторами тепла и автоматикой, исключающей работу в дневные часы. В примечании к п. 5.2.1 также сказано, что технико-экономическое обоснование должно подтверждать экономию первичного топлива в случае применения электроотопления. *Надо быть готовым к тому, что не будет исключением возврат к данной практике и после окончания кризиса.*

Кроме того для привода компрессора используется паропоршневой двигатель (водомёт) у которого роль поршня выполняет рабочая жидкость. А как из-

вестно, паровые машины малой мощности превосходят по своим характеристикам паротурбинные.

Четвертый и пятый, самые важные моменты. По данной технологии основной «поставщик» низкопотенциальной энергии на отопление – это замерзающая вода. Так, при разовом промерзании котлована глубиной 2 м, количество выделяемой энергии фазового перехода составляет 668 ТДж/км². Если эту энергию равномерно использовать ТН в течение 150 суток на отопление, то установленная мощность «водяной топки» будет равна 51,5 МВт/км².

Это сопоставимо с плотностью энергии залежей угля в районах его добычи 30 МВт/км², при этом коэффициент извлечения угля всего $\approx 25\%$.

Конечно, эти энергии различного потенциала и озвученные цифры должны быть приведены к одному знаменателю. При этом надо учитывать, что к потребителю; в виде теплоты «доходит» $\frac{1}{7}$ – $\frac{1}{10}$ часть энергии залежей угля, а при использовании энергии воды, возобновляемого источника, по предлагаемой технологии будет «доходить» $\frac{7}{10}$ – $\frac{9}{10}$ теплоты фазового перехода. Средняя плотность искусственной энергии, обусловленная хозяйственной деятельностью, равна всего 0,02 МВт/км², т.е. в 10000 раз меньше плотности солнечной энергии (200 МВт/км²). И только в отдельных местах земного шара этот показатель выше: в Японии – 2 МВт/км², в Рурском районе ФРГ – 20 МВт/км².

При удалении из помещения воздуха с температурой + 20 °С и относительной влажностью 60 % конденсация паров воды в воздуховоде котлована будет начинаться уже при + 12 °С (точка росы + 12 °С). И при дальнейшем охлаждении, например, до 0 °С будет конденсироваться непрерывно. Чем глубже охлаждение, тем больше конденсируется паров воды, тем глубже его осушение. Следовательно, при охлаждении воздуха в воздуховоде, котлован будет аккумулировать теплоту, как за счет охлаждения воздуха, так и за счет конденсации паров воды.

Шестое – источники теплоты (котлован с водой и солнечный соляной пруд) расположены рядом. При этом расположенный между ними грунт — это по существу аккумулятор, который постоянно пополняется энергией, теряемой зданием через пол вниз.

Для данной системы теплоснабжения коэффициент использования установленной мощности ($K_{иум}$) близок к 100 %, т.к. летом пруд и котлован используются для выработки холода.

Такой $K_{иум}$ предложенной системы холодотеплоснабжения намного выше в сравнении с $K_{иум}$ ТЭЦ, особенно летом, когда потребность в теплоте минимальна, не говоря уже об обычных котельных. Зимой ночью $K_{иум}$ ТЭЦ также не высокий, поскольку потребность в электроэнергии меньше, чем днем.

Конкурентоспособность энергогенерирующего предприятия (производства) в целом, как и машиностроительного предприятия [15], представляет собой среднеарифметическое, или средневзвешенное, число конкурентоспособности отдельных видов энергии выпускаемых предприятием:

$$J_{\text{предпр}} = \left[\frac{(\sum_{j=1}^m J_{j/1} + \sum_{j=1}^m J_{j/2} + \dots + \sum_{j=1}^m J_{j/m})}{m} + \frac{(\sum_{k=1}^n J_{k/1} + \sum_{k=1}^n J_{k/2} + \dots + \sum_{k=1}^n J_{k/n})}{n} \dots + \frac{(\sum_{p=1}^r J_{p/1} + \sum_{p=1}^r J_{p/2} + \dots + \sum_{p=1}^r J_{p/r})}{r} \right] / P,$$

где $J_{\text{предпр}}$ – конкурентоспособность предприятия (производства) относительно конкурентов; $J_{j/1}$ – относительная конкурентоспособность j -й продукции предприятия к продукции первого конкурента; m – количество конкурентов по j -й продукции; $J_{k/1}$ – относительная конкурентоспособность k -й продукции предприятия к продукции первого конкурента; n – количество конкурентов по k -й продукции; $J_{p/1}$ – относительная конкурентоспособность p -й продукции предприятия к продукции первого конкурента; r – количество видов продукции на данном предприятии; P – количество конкурентов.

Опираясь на это общее положение, рассмотрим работу системы холодотеплоснабжения, как обеспечивающей выработку холода и горячей воды в летний период и теплоты в зимний.

Экономическая эффективность предложенных систем напрямую зависит от показателя децентрализации потребителя энергии — чем удаленнее потребитель от основных магистралей или чем он менее доступен, например, из-за болот, рек, оврагов и т.д., и чем меньше энергопотребление, тем более выгодно освоение системы холодотеплоснабжения.

Однако, сравнительную экономическую оценку теплоснабжения от сжигания дров и солнечной энергии, очень трудно привести к одному знаменателю. Ведь экономические потери от вырубki леса выражаются в уменьшении продуцирования кислорода, поглощения вредных газов, насыщения воздуха фитонцидами и т.д. Лес дает 40% кислорода земной атмосферы, а океан 60%. Охранно-защитные и рекреационные функции лесов, само собой, разумеется, являются не перевозимыми.

Может быть использовано много методик и показателей оценки эффективности использования ВИЭ в сферах производства, быта, отдыха и т.д. Экономическая эффективность систем генерирования энергии обычно складывается из социального, экономического и экологического эффектов, или из социально-эколого-экономической эффективности и она будет рассмотрена в других статьях.

При выборе архитектуры рассмотренной системы теплоснабжения (в частности, источников низкопотенциальной теплоты) и оценке её энергетической эффективности учитывались климатические условия Омской области, приведенные ниже (таблицы 10 – 17) из литературы [16].

Таблица 10 – Средняя суточная амплитуда температуры воздуха (Омск, степная) при ясном, полужасном и пасмурном небе и вне зависимости от состояния неба (по характеристике нижней облачности)

Состояние неба	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ясно	8,0	10,2	12,5	12,9	16,1	16,6	15,8	15,8	16,5	14,0	9,1	7,8
Полужасно	9,5	10,1	10,7	10,5	14,2	14,0	13,0	12,8	12,5	9,8	9,1	9,4
Пасмурно	8,3	8,3	8,0	8,1	11,1	10,6	9,4	9,1	8,5	6,1	6,3	7,7
Вне зависимости от состояния неба	8,9	9,6	10,1	10,0	13,4	13,4	12,1	12,1	11,4	8,2	7,7	8,5

Таблица 11 – Суточный ход температуры воздуха в г. Омске

Часы	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-19,8	-19,0	-13,7	-1,3	6,6	12,2	14,2	12,2	7,7	0,1	-9,4	-16,8
2	-19,8	-19,3	-14,0	-1,6	6,1	11,6	13,7	11,7	7,3	-0,1	-9,6	-16,8
3	-19,9	-19,5	-14,2	-2,0	5,8	11,1	13,3	11,4	7,0	-0,4	-9,7	-16,8
4	-19,9	-19,6	-14,6	-2,3	5,4	10,9	13,1	11,1	6,7	-0,6	-9,8	-16,9
5	-20,0	-19,8	-14,8	-2,4	5,7	11,9	13,8	11,0	6,4	-0,8	-9,9	-16,9
6	-20,0	-19,9	-14,9	-2,2	7,0	13,5	15,4	12,1	6,3	-1,0	-9,9	-17,0
7	-20,1	-20,0	-15,0	-1,2	8,7	15,1	16,9	13,7	7,3	-0,9	-9,9	-17,0
8	-20,2	-19,9	-14,1	-0,1	10,1	16,5	18,2	15,3	8,7	-0,3	-9,9	-17,0
9	-20,0	-19,2	-12,9	1,3	11,6	17,8	19,5	16,9	10,4	0,8	-9,5	-16,9
10	-19,4	-18,2	-11,6	2,4	12,7	18,8	20,6	18,2	12,0	1,8	-8,9	-16,5
11	-18,7	-17,0	-10,4	3,3	13,5	19,7	21,4	19,1	13,3	2,8	-8,2	-16,1
12	-18,0	-16,1	-9,4	4,1	14,3	20,3	22,0	19,8	14,2	3,8	-7,6	-15,6
13	-17,5	-15,4	-8,6	4,7	14,9	20,9	22,4	20,3	14,8	4,4	-7,2	-15,3
14	-17,4	-15,0	-8,2	5,0	15,1	21,0	22,6	20,5	15,1	4,6	-7,0	-15,3
15	-17,6	-14,9	-8,0	5,2	15,3	21,1	22,6	20,6	15,2	4,6	-7,2	-15,6
16	-18,3	-15,2	-8,2	5,1	15,2	20,9	22,5	20,5	14,9	4,2	-7,7	-16,0
17	-18,8	-16,0	-8,7	4,7	14,8	20,7	22,2	20,0	14,3	3,3	-8,2	-16,3
18	-19,1	-16,7	-9,7	4,0	14,2	20,2	21,5	19,2	12,8	2,4	-8,5	-16,4
19	-19,2	-17,2	-10,6	2,8	13,2	19,3	20,5	17,6	11,3	1,8	-8,7	-16,5
20	-19,4	-17,6	-11,2	1,7	11,5	17,4	18,9	15,7	10,3	1,4	-8,9	-16,6
21	-19,6	-17,8	-11,7	1,2	10,0	15,8	17,3	14,5	9,5	1,0	-9,0	-16,6
22	-19,7	-18,0	-12,2	0,5	9,0	14,5	16,2	13,7	8,9	0,6	-9,2	-16,7
23	-19,8	-18,3	-12,6	-0,1	8,2	13,6	15,4	13,0	8,4	0,3	-9,3	-16,8
24	-19,8	-18,6	-13,1	-0,7	7,3	12,8	14,7	12,5	8,0	0,2	-9,4	-16,7
Ср. за 24 ч.	-19,2	-17,8	-11,8	1,3	10,7	16,6	18,3	15,9	10,4	1,4	-8,9	-16,5
Суточная амплитуда	2,8	5,1	7,0	7,6	9,9	10,2	9,5	9,6	8,9	5,6	2,9	1,7

Таблица 12 – Средняя месячная температура воздуха лесостепной зоны Омской области (при среднегодовой в г. Омске — +0,3 °С, Русской Поляне (Р. П.) — +0,4 °С)

Стан-ция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Омск	–19,4	–17,9	–11,0	1,0	11,3	16,8	19,4	16,5	11,0	1,9	–9,5	– 16,5
Р. П.	–19,1	–18,5	–12,5	1,1	11,6	18,0	19,5	16,8	11,2	2,2	–8,9	– 16,8

Таблица 13 – Дата первого и последнего заморозка и продолжительность безморозного периода

Стан-ция	Дата заморозка						Продолжительность без-морозного периода (дни)		
	последнего			первого					
	сред-няя	самая ранняя	самая позд-няя	сред-няя	самая ранняя	самая позд-няя	сред-няя	наимень-шая	наиболь-шая
Омск	22 V	7 V	12 VI	14 IX	22 VIII	6 X	114	87	145
Черлак	16 V	20 IV	29 V	21 IX	5 IX	5 X	127	103	145

Таблица 14 – Средние даты наступления, прекращения и продолжительность устойчивых морозов

Станция	Устойчивый мороз		
	наступление	прекращение	Продолжительность (дни)
Омск	10 XI	31 III	142
Черлак (54 ° с. ш.)	15 XI	31 III	137

Таблица 15 – Средняя месячная, максимальная и минимальная температуры (°С) поверхности почвы Русской Поляны (Почва — чернозем)

Температура	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя	–19	–18	–12	3	15	23	24	20	13	2	–8	–16
Сред. максим.	–13	–11	–2	15	34	42	44	38	29	12	–3	–11
Абс. максимум	4	6	19	47	55	64	65	56	50	34	18	4
Средн. миним.	–25	–25	–19	–6	2	10	12	10	4	–4	–	–21
Абс. минимум	–45	–48	–44	–30	–16	–3	2	–4	–7	– 28	13 41	–46

Таблица 16 – Средняя месячная и годовая температуры почвы ($^{\circ}\text{C}$) по вытяжным термометрам

Глубина, м	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Омск, степная (почва — мелкий суглинок темно-серый)												
0,4	–5,5	–5,6	–4,2	0,4	7,0	12,7	16,1	15,7	11,7	5,6	0,0	–4,1
0,8	–1,8	–2,5	–2,2	–0,4	3,5	8,9	12,7	13,7	11,4	7,2	2,9	–0,3
1,6	0,9	0,3	–0,1	–0,1	0,9	4,9	8,8	10,7	10,3	8,1	5,1	2,4
3,2	4,0	3,0	2,4	2,0	1,9	2,8	4,8	6,6	7,6	7,7	6,7	5,3
Русская Поляна (почва — чернозем, с 0,35 м глина с примесью солонца и песка)												
0,4	–8,0	–7,9	–6,4	–0,7	8,4	14,2	17,5	17,0	13,4	6,5	0,3	–4,1
0,8	–4,9	–5,6	–4,9	–0,7	5,1	10,5	14,5	15,2	12,9	7,8	2,6	–1,7
1,6	–0,5	–2,1	–2,6	–1,3	0,9	5,0	9,6	11,7	11,5	9,0	5,5	–2,1
3,2	3,6	2,4	1,6	1,0	1,0	2,0	4,5	6,5	7,9	8,0	7,0	5,4

Таблица 17 – Средняя, наибольшая и наименьшая глубина проникновения температуры 0°C в почву (см) (под естественным покровом)

Глубина проникновения	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
Омск, степная									
Средняя	•	67	107	138	158	171	172	121	•
Наибольшая	26	105	144	160	190	212	212	220	200
Наименьшая	0	0	76	105	120	133	130	0	0
Черлак									
Средняя	•	78	121	145	152	154	148	0	
Примечание. Глубины наблюдения: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,6 и 2,4 м. Нуль (0) обозначает, что температура 0°C в почве не достигает глубины самого близкого к поверхности термометра. Точка (•) обозначает, что в данном месяце более чем в 50 % лет температура 0°C в почве не достигает глубины самого близкого к поверхности термометра									

Список литературы

- 1 Гашо Е.Г. Три порога энергоэффективности /Е.Г. Гашо //Энергия Экономика Техника Экология. – 2009. – № 3. – С. 16 – 20.
- 2 Паршуков Н.П. Источники и системы теплоснабжения города / Н.П. Паршуков, В.М. Лебедев. Омск, Омская областная типография. 1999. 168 с.
- 3 Кузнецов П.А. Организационная надежность управления ресурсным обеспечением при переустройстве аварийных объектов /П.А. Кузнецов, С.П. Олейник, П.А. Захаров / Жилищное строительство. – 2006. – № 1. С. 5-6.
- 4 Гершкович В.Ф. Альтернативное теплоснабжение жилых домов Использование теплового потенциала речной воды на о Хортица /В.Ф. Гершкович //Энергосбережение. – 2009. – № 3. – С. 28-33.
- 5 Накоряков В.Е. Оценка экологической эффективности теплоисточников малой мощности / В.Е. Накоряков, С.Л. Елистратов //Промышленная энергетика. – 2009. – № 2. – С. 44-51.

- 6 Гертис К. Здания XXI века - здания с нулевым потреблением энергии / К. Гертис //Оборудование Разработки Технологии. – 2010. – № 1-3. – С. 45-46.
- 7 Горбунов А.В. Энергопассивные дома /А.В. Горбунов //Оборудование Разработки Технологии. – 2010. – № 1-3. – С. 50-51.
- 8 Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки /Н.В. Харченко. – М.: Энергоиздат, 1991. – С. 208.
- 9 Ефимов С.С. Фазовый состав сорбционной влаги при отрицательных температурах / С.С. Ефимов //В кн.: Математическое моделирование и экспериментальное исследование процесса тепло-массопереноса. – Якутск: изд. Якутского филиала СО АН СССР, 1979. – С. 97-99.
- 10 Васильев Г.П. Применение ГТСТ в России /Г.П. Васильев //Энергия Экономика Техника Экология. – 2009. – № 7. – С. 22-29.
- 11 Мааке В. Учебник по холодильной технике / В. Мааке, Г.-Ю. Эккерт, Ж.-Л. Кошпен. – М.: Издательство Московского университета, 1998. – 1142 с.
- 12 Методические вопросы развития энергетики сельских районов /Х.З. Барабанер, В.М. Никитин, Т.И. Клокова и др. – Иркутск: СЭИ, 1989. –260 с.
- 13 Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ) /Г.Б. Осадчий. Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010. – 572 с.
- 14 Мартынов А.В. Установки для трансформации тепла и охлаждения /А.В. Мартынов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 200 с. 146.
- 15 Воронов А.А. К оценке уровня конкурентоспособности машиностроительных предприятий / А.А. Воронов // Машиностроитель. – 2000. – №12. – С. 27-29. 147.
- 16 Справочник по климату СССР выпуск 17, часть II. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 276 с.

УДК: 631.171/172

Усманов¹ А.С., Утемуратов¹ Ж.Ж.¹ «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», Алматы**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В ТРАКТОРНОМ ПАРКЕ****Аннотация**

Проведен анализ структуры тракторного парка в сельском хозяйстве республики и представлены результаты расчета прогнозной потребности тракторного парка в зависимости от степени их износа

Ключевые слова: прогнозирование, планирование, потребность, тракторный парк, сельскохозяйственное машиностроение

Usmanov¹ A.S., Utemuratov¹ J.J.¹ «Kazakh Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture», Almaty**FORECASTING AND ENSURING REQUIREMENT OF
AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX FOR TRACTOR PARK****Annotation**

The analysis of structure of tractor park in agriculture of the republic is carried out and results of calculation of expected requirement of tractor park depending on degree of their wear are presented

Keywords: forecasting, planning, need, tractor park, agricultural machinery industry

В своем Послании народу Казахстана «Новое десятилетие - новый экономический подъем - новые возможности Казахстана» Президент поставил задачи: создание аграрно-индустриальной диверсификации за счет роста переработки сельхозсырья и внедрения нового оборудования, новых технологий и подходов в сельском хозяйстве, используя мировой опыт.

Технический прогресс в области механизации сельского хозяйства на 2020 г. и более отдаленный период должен отражаться в Системе машин, которая составляет основу перспективного прогноза развития комплексной механизации производства, содержит основные направления на период до 2030 г. и служит базой для дальнейшего прогресса.

В странах СНГ сложилась стройная система разработки прогнозов в потребности АПК в сельскохозяйственной технике. Так, краткосрочным прогнозом служит Система машин для комплексной механизации производства на предстоящий 5-летний период; среднесрочным – проект Системы машин на 10-летний период; долгосрочным – Комплексная программа развития научно-технического прогресса страны, разрабатываемая на 20-летний период.

Чтобы успешно решать поставленные задачи, нужно знать реальные возможности и тенденции развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения на современном этапе и на перспективу. Для этой цели разрабатывался научный прогноз, в частности, в потребности АПК в сельскохозяйственной технике.

Нужда в таком прогнозировании вызвана необходимостью повышения эффективности управления АПК, разработки научных основ перспективного планирования, особенно новой техники и технологий, а также НИОКР.

Аргументированный прогноз обеспечивает соответствие намечаемых к проектированию производственных мощностей отечественного сельскохозяйственного машиностроения и позволяет научно обосновать потребности АПК в сельскохозяйственной технике.

Прогнозирование сводится по существу к формированию вероятностных научно обоснованных суждений о путях и целях развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения на определенный период, необходимых ресурсах и организационных мерах для реализации прогнозируемых событий.

Прогнозирование – составной элемент системы планирования, включающий анализ достигнутого уровня сельскохозяйственной техники и технологий, сложившихся тенденций, формирование целей потребности АПК в сельскохозяйственной технике на определенный период, разработку системы мероприятий по достижению поставленных целей с учетом ресурсного обеспечения, предвидение развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения и систематическую корректировку прогноза с учетом реальных результатов, вновь возникших факторов и условий хозяйственного роста.

Прогноз и планирование – рассматривались как два неразрывных этапа единого процесса управления. Отрыв одного от другого может привести к серьезным ошибкам в практике планирования и управления АПК. Планирование по отношению к прогнозу служит заключительным этапом процесса принятия решения.

Чтобы знать, в каком направлении разрабатывать планирование, необходимо располагать научными прогнозами развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения. С этой целью прогноз направлен на раскрытие особенностей будущего развития сельскохозяйственной техники и технологий.

В настоящее время МТП республики в среднем изношен на 80%, в т.ч. тракторы на 89%, зерноуборочные комбайны на 62%, сеялки на 90%, жатки на 72% и т.д. [1].

Прогнозируется, что за 10 лет, начиная с 2017 г. по 2027 г. техника, имеющая срок эксплуатации более 10 лет (амортизационный срок), должна быть списана и заменена на новую в зависимости от степени ее износа.

Претерпела также существенные изменения численная и качественная структура МТП страны, в частности тракторного парка.

Общая технологическая потребность в тракторах тесно связана с нормативной потребностью сельскохозяйственных зон Казахстана. Всего выделено 5 сельскохозяйственных зон из четырнадцати областей республики и располага-

ющих площадью пашни в 25000 тыс. га. При наличии тракторов 152 тыс. ед., а на 1000 га пашни приходится 6,08 трактора при нормативной потребности 6,32. Из общего количества тракторов на кл. 0,2 и 0,6 приходится 9400 ед. (6,2%), на кл. 0,9 – 7800 ед. (5,1%), на кл. 1,4 – 83900 ед. (55,2%), на кл. 2 – 1700 ед. (1,1%), на кл. 3 – 19700 ед. (13%), на кл. 4 – 10000 ед. (6,6%), на кл.5 – 18300 ед. (12%), на кл. 6 и 8 – 1200 ед. (0,8%) (рисунок 1).

Анализ структуры тракторного парка в АПК республики показывает, что тракторы тягового кл.1,4 (Беларус-80/82 и др.) являются основными. На их долю приходится более 55% количественного состава, вместе с тем, в структуре имеется тракторы тяговых кл. 3 и 4 доля которых составляет 19,6%, тракторы тяговых кл.5 доля которых составляет 12%, появились мощные тракторы тягового кл.6 и 8, доля которых составляет около 0,8%. Такие тракторы необходимы для применения в крупных хозяйствах.

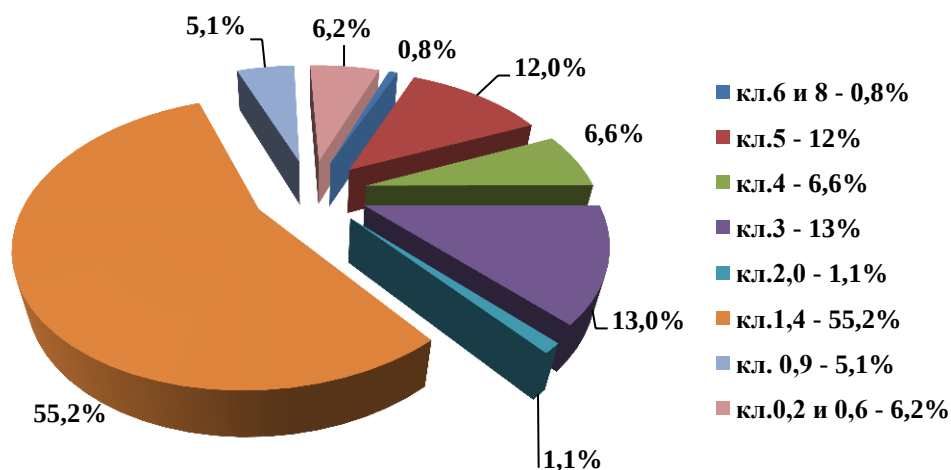


Рисунок 1 – Структура парка тракторов по республике

В категориях высокой мощности тракторов тягового кл.5 (200/270...250/340 кВт/л.с.) и кл.6 (250/340...320/435 кВт/л.с.) будут преобладать российские колесные тракторы К-744Р1 (200/270 кВт/л.с.), К-744Р2 (250/340 кВт/л.с.), К-744Р3 (300/405 кВт/л.с.) и сверхвысокой мощности тракторов тягового кл. 8 (свыше 400/540 кВт/л.с.) – зарубежных компании. На новые импортные тракторы этих категорий будет приходиться 0,3...0,8% от общего количества. Приобретать их будут крупные высокорентабельные сельскохозяйственные организации. С учетом рынка вторичной техники количество зарубежных тракторов общего назначения вырастет до 8,5...9,0%.

Общая потребность, отражающая оптимальный по структуре и количественному составу тракторный парк, обеспечивает выполнение годового объема механизированных работ в соответствии с прогрессивными технологиями в оптимальные агротехнические сроки. При ее определении применяли классификацию тракторов по тяговым классам и категориям (типоразмерам) мощности.

В АПК Казахстана поставляют более 30 типоразмеров (модификаций) тракторов. Качественный состав тракторного парка в АПК республики пред-

определен системой технического обеспечения зональных технологий в отрасли растениеводства.

Хозяйства приобретают тракторы, зачастую не ориентируясь на их характеристику и соответствие природно-производственным условиям. Главным критерием выбора тракторной техники для разных технологий почвообработки и природных условий является минимум прямых эксплуатационных затрат, так как он обеспечивает минимум себестоимости продукции. В связи с возрастающим дефицитом трудовых ресурсов совершенствованием технологий почвообработки изменение состава тракторного парка должно идти в направлении повышения производительности труда.

Задаче повышения производительности труда соответствует и увеличение средней мощности двигателя трактора. Так, мощность колесных тракторов возрастет за период 2017...2027 гг. в 1,5 раза. Доля тракторов кл. 6-8 в парке увеличится с 0,8% до 3,7%, а кл.2 – с 1,1% до 11,4%, Доля тракторов кл. 0,9 в парке уменьшится с 5,1% до 2,9%, а кл.5 - с 12% до 7,1% (рисунок 2).

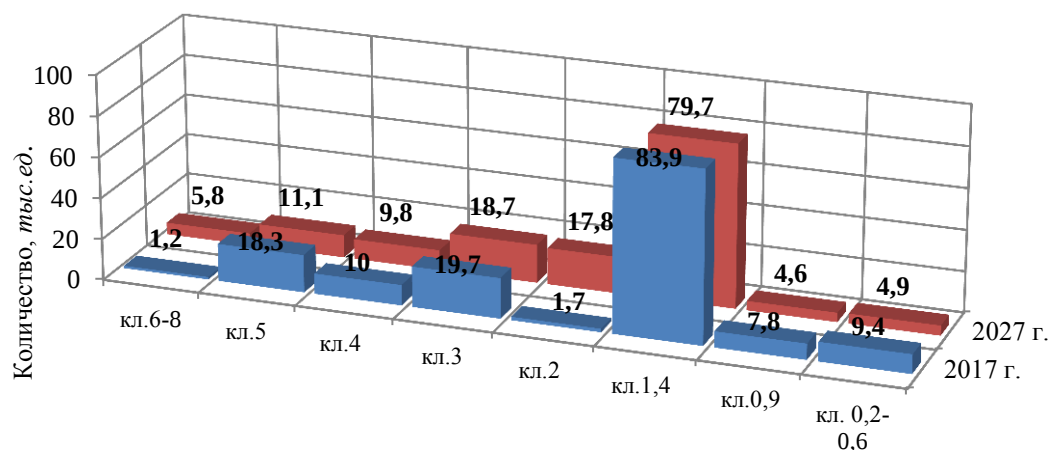


Рисунок 2 – Наличие и прогноз парка тракторов по тяговым классам

Исходя из нормативного срока службы сложной сельскохозяйственной техники (10 лет), ежегодная потребность сельскохозяйственных товаропроизводителей составляет 10% от наличного МТП.

Технологическая потребность в тракторах определяется по площади пашни [2-3]. Общее потребное количество тракторов определяется по формуле:

$$N_T = k_n F_r = 6,32 \times 25000 = 158\,000 \text{ ед.}$$

где N_T – потребное количество тракторов (ед.);

k_n – нормативный коэффициент потребности на 1000 га ($k_n = 6,32$);

F_r – годовой объем выполняемых работ, тыс. га ($F_r = 25000$ тыс. га).

Исходные данные для парка тракторов: при наличии (на 01.01.2017 г.) 152 тыс. ед.; при планируемых (прогнозируемых) коэффициентах среднегодового выбытия – 7,95% (от 7,2% до 8,7%); и среднегодовой поставки – 8,25% (от 6,8% до 9,7%) (рисунок 3). Потребное количество тракторов на конец 2027 г. составляет 158000 ед.

Анализ прогнозного обновления тракторного парка за 2017-2027 гг. показывает, что возмещение устаревших и изношенных новыми тракторами (135470

ед.) будет составлять 89%. При сохранении указанного соотношения приобретения новой и списания устаревшей (изношенной) техники к концу 2027 г. прогнозный парк тракторов (с учетом выбытия и поставки) будет – 155,58 тыс. ед., что будет составлять 98,5% от нормативной потребности.

Весьма характерен для республики процесс увеличения в тракторном парке доли колесных тракторов кл. 2, что объясняется их универсальностью. Кроме полевых работ они также эффективно используются на транспортных работах, объем которых в связи с большим радиусом перевозок достаточно велик.

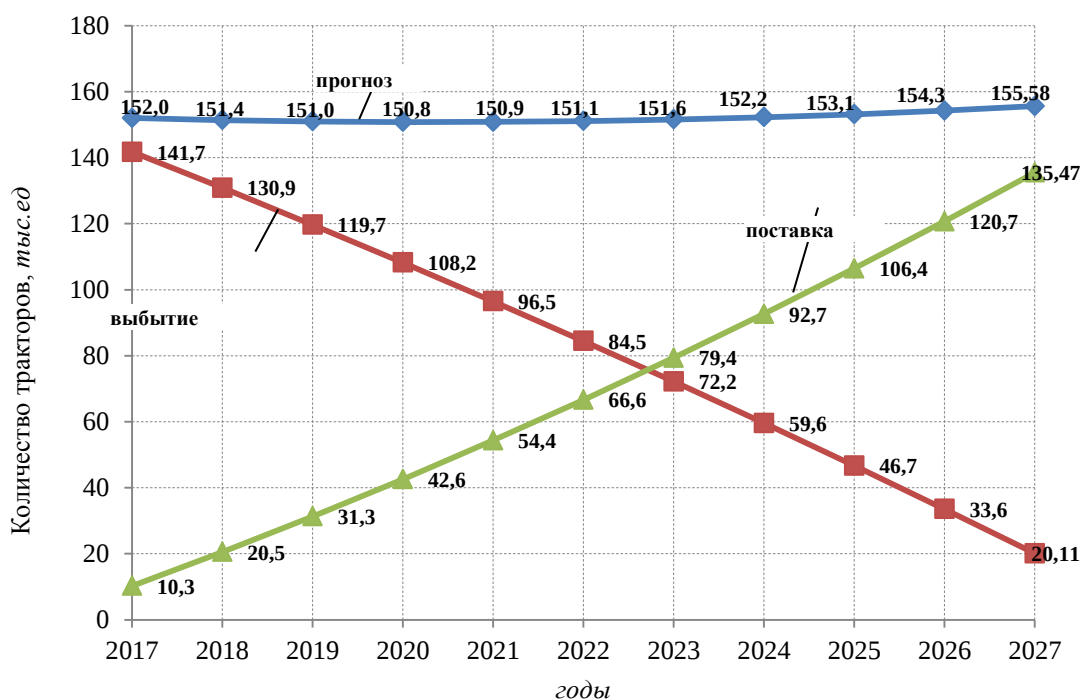


Рисунок 3 – Прогнозный парк тракторов с учетом поставки и выбытия

Использование новых мощных тракторов позволяют повысить производительность труда, снизить затраты.

Таким образом, прогнозируемый парк тракторов будет достаточным для выполнения механизированных работ в требуемый агросрок. Поступление новых тракторов должно происходить в порядке обновления парка вместо выбывших из-за отработанного ресурса.

Список литературы

1. Растениеводство: проблемы диверсификации и механизации /Выступление министра сельского хозяйства РК на Правительственном часе в Парламенте РК 17.11.2014 г. //AgroElem. – 2014. – № 11. – С.16-22.
2. Методика использования условных коэффициентов перевода тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в эталонные единицы при определении нормативов их потребности. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2009. – 54 с.
3. Нормативы потребности АПК в технике для растениеводства и животноводства. – М.: МСХ РФ, 2003. – 79 с.

УДК 629.114.2

Ахметов¹ А.А. , Ахмедов¹ Ш.А

¹Унитарное предприятия специальное конструкторское бюро "Трактор"
(УП СКБ «Трактор»), Узбекистан, Ташкент

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ШКВОРНЯ ПОВОРОТНОЙ ЦАПФЫ ТРАКТОРА С РЕГУЛИРУЕМЫМ КЛИРЕНСОМ

Аннотация

В статье приводится конструкция и результаты исследований по обеспечению условия прочности шкворня поворотной цапфы колеса нового переднего моста четырехколесного универсально-пропашного трактора.

Ключевые слова: *колесо, колея, клиренс, агротехнический просвет, передний мост, напряжения, прочность, запас прочности, предел текучести, занос, усилие, трактор*

Akhmetov¹ A.A., Akhmedov¹ Sh.A

¹Unitary enterprise special design "Tractor" Bureau (SCB UP "Tractor"),
Uzbekistan, Tashkent,

TO THE QUESTION OF THE ASSESSMENT OF STATIC DURABILITY TRACTOR AXLE PIN WITH ADJUSTABLE CLEARANCE

The design and results of researches on providing a condition of durability pin a rotary pin of a wheel of the new forward bridge four-wheel universal row-crop a tractor is given in article.

Keywords: *wheel, track, clearance, agrotechnical gleam, forward bridge, tension, durability, margin of safety, fluidity limit, drift, effort, tractor.*

Несмотря на наличие в парке агропромышленного комплекса республики достаточного количества универсально-пропашных тракторов в напряженный период междурядных обработок посевов, особенно в период формирования плодоеlementов хлопчатника, большинство хозяйств ощущают их нехватку.

Применение на междурядной обработке посевов хлопчатника наряду с 3-колесными универсально-пропашными тракторами и 4-колесных, позволило бы решить проблему нехватки тракторов и покрыть их недостающую часть. Однако недостаточность агротехнического просвета под балкой переднего моста 4-колесных тракторов сдерживают их применения на междурядной обработке посевов хлопчатника.

Для решения этой задачи в СКБ «Трактор» начаты работы по созданию универсально-пропашного трактора снабженного новым передним мостом с регулируемым клиренсом, т.е. позволяющим изменить клиренс трактора с низкоклинренсного на высококлинренсный или же обратно, тем самым и агротехнический просвет под балкой переднего моста трактора [1]. Новизна конструкции данного переднего моста защищена патентом на полезную модель [2].

Отличительной особенностью нового переднего моста является то, что у него кронштейн со шкворнѐй поворотной цапфы выполнен с переменной длиной (рисунок 1). Для этого кронштейн выдвижного кулака выполнен в виде поллой трубы 1, в которой со стороны наружного конца помещена выдвижная труба 10, фиксируемая фиксатором 6 и стопорными болтами 11 в двух крайних нижних и верхних положениях. Внутри выдвижной трубы 10 помещена шлицевая труба 4, жестко закрепленная торцом к валу 3 поворотного рычага 2 механизма поворота направляющего колеса 7.

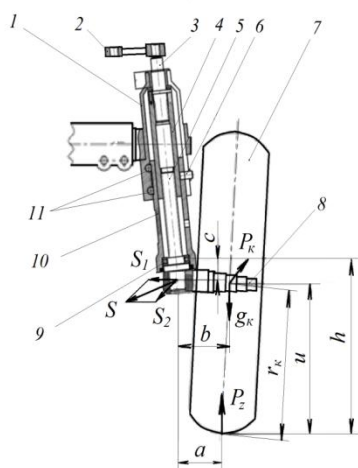


Рисунок 1 – Силы, действующие на шкворень поворотной цапфы при встрече передних колес с непреодолимым препятствием

Внутри сопряженной поллой 1 и выдвижной 10 трубы также размещен шлицевый вал 5 свободно вращающийся на подшипнике 9, посаженной внутри выдвижной трубы 10. К наружному концу, которого закреплена цапфа 8 направляющего колеса 7, а другим концом он свободно помещен внутри шлицевой трубы 4, закрепленной к валу 3 поворотного рычага 2 механизма поворота направляющего колеса 7. Шкворень выполнен в виде шлицевого вала 5, который вместе шлицевой трубой 4 выполняет функцию выдвижного шкворня.

При настройке трактора на междурядную обработку посевов хлопчатника, где требуется высокая агротехническая проходимость стопорные болты 11 и фиксатор 6 освобождаются, и передняя часть остова трактора поднимается домкратом до получения необходимого агротехнического просвета. Одновременно опуская колесо 7 с цапфой 8 за счет перемещения выдвижной трубы 10 в наружную сторону поллой трубы 1 до совпадения верхнего отверстия с фиксатором, и фиксируются фиксатором 6 и стопорными болтами 11. При этом вместе с выдвижной трубой 10 перемещается по шлицевому валу-шкворню 5 и шлицевая труба 4, не прерывая связи рычага поворота 2 с цапфой 8 направляющего колеса 7, и агротехнический просвет трактора становится высоким.

При использовании трактора на транспортных работах наоборот колесо 7 с цапфой 8 максимально поднимают за счет перемещения выдвижной трубы 10 во внутреннюю сторону поллой трубы 1 до совпадения фиксатора с нижним отверстием, и трубы взаимно фиксируются фиксатором 6 и стопорными болтами 11. При этом вместе с выдвижной трубой 10 перемещается по шлицевому валу-

шкворня 5 и шлицевая труба 4, не прерывая связи рычага поворота 2 с цапфой 8 направляющего колеса 7, и дорожный просвет трактора становится наименьшим.

Практика эксплуатации 4-колесных тракторов с серийными мостами, а также предварительное изучение по конструкторским документам разработанного нами переднего моста показала, что наиболее подверженным к нагрузкам узлом этого моста является шкворень поворотной цапфы 8. Поэтому перед изготовлением опытного образца переднего моста проводили специальные исследования по оценке прочности проектированного шкворня для экстремального случая. Одним из таких экстремальных случаев является встреча передних колес трактора с непреодолимым препятствием, например, при встрече передних колес с незаровненным поперечным оросительным канавом. Встреча передних колес трактора с незаровненным поперечным оросительным канавом иногда приводит к поломкам шкворня у ее нижней опоры.

Как известно [3, 4] оценка надежности работы шкворня в экстремальных случаях, например, при встрече передних колес трактора с непреодолимым препятствием определяются по коэффициенту запаса прочности шкворня и по величине напряжении смятия поверхности шкворня в месте соединения с шипом поворотной цапфы. Эти показатели определяются на основе исходных данных, заложенных в конструкциях как трактора в целом, так и шкворня поворотной цапфы в частности.

В качестве исходных данных приняты показатели разрабатываемого нового переднего моста к универсально-пропашным тракторам (таблице 1), конструкция которого, как уже сказано, позволяет изменять агротехнический просвет под балкой переднего моста трактора.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Наименование показателей и единица их измерения	Значение показателей
Колея передних колес B_k , мм	1800
Статический радиус переднего колеса r_k , мм	450
Максимально допустимая грузоподъемность переднего колеса, кгс	2300
Коэффициент сопротивления боковому сдвигу φ_1	0.6
Сила тяжести одного переднего колеса со ступицей g_k , кгс	110
Исследуемая деталь	Шкворень 1031-3001054
Материал	Сталь 45
Предел текучести σ_T , МПа	495
Допустимое напряжение смятия, $[\sigma_{см}]$, МПа	29.43

При встрече передних колес трактора с непреодолимым препятствием, поперечное усилие действующий на передний мост отсутствует, а продольное толкающее усилие достигает своего максимального значения.

На основе исходных данных и с учетом сил, действующих на передний мост, определяем величину сил реакции (таблице 2), действующий на левую и правую опору шкворня поворотной цапфы.

Таблица 2 – Усилия, действующие на передний мост

Опора	P_k , кгс	G_1 , кгс	Y_1 , кгс	P_z , кгс	Y_1 , кгс
Левая	1802.5	4600	0	2190	0
Правая	1802.5			2190	0

Прочность шкворни зависит от характера и величины напряженности его ответственных участков, которые в свою очередь зависят от величины и место приложения результирующей силы S (рисунок 1) действующий на шкворень поворотной цапфы колес переднего моста.

Как показала практика, наиболее уязвимыми местами шкворня являются сечения у нижней опоры шкворня и поверхность сопряжения шкворня с шипом поворотной цапфы. Учитывая это обстоятельство, оценку прочности шкворни производим по напряжению изгиба σ_u в опасном сечении шкворня и по напряжению смятия $\sigma_{см}$ поверхности шкворня сопряженной с шипом поворотной цапфы колес переднего моста.

На нижнюю опору шкворня действует результирующая сила

$$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}, \quad (1)$$

где S_1 ; S_2 – усилия, действующие в вертикальной и горизонтальной плоскостях, Н (кгс).

$$S_1 = \frac{P_z a - g_k b}{c}, \quad (2)$$

$$S_2 = \frac{P_z (h - u)}{c}. \quad (3)$$

где P_z – сила реакции вертикальной нагрузке, Н (кгс);

a – расстояние от оси симметрии колес до оси симметрии шкворня, мм;

b – расстояние от центра точки опоры колеса до оси симметрии шкворня, мм;

h – расстояние от опорной поверхности до центра нижней опоры шкворня, мм;

c – расстояние от точки приложения силы S до центра нижней опоры шкворня, мм;

u – расстояние от опорной поверхности до точки приложения силы тяжести колеса, мм.

Подставляя в выражения (2) и (3) согласно конструкторской документации на изготовления опытного образца переднего моста числовые значения параметров: $a = 201$ мм; $b = 170$ мм; $h = 521$ мм; $c = 65$ мм; $u = 445$ мм из выражения (1) находим результирующее усилие, действующее на нижнюю опору шкворня поворотной цапфы, т.е.

$$S = \frac{1}{65} \sqrt{(P_z \cdot a - g_k \cdot b)^2 + (P_z \cdot (h - u))^2} . \quad (4)$$

Под воздействием результирующей силы S возникает изгибающий момент, определяемый выражением

$$M_u = S \cdot l, \quad (5)$$

где l – плечо силы S относительно опасного сечения шкворня, мм. Согласно принятой конструкции шкворня $l = 28$ мм.

Напряжение изгиба σ_u в опасном сечении шкворня определяется выражением

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u}, \quad (6)$$

где W_u – момент сопротивления изгибу опасного сечения, мм³.

Момент сопротивления изгибу в опасном сечении, представляющей себе площади круга с диаметром шкворня у шипа цапфы $d = 60$ мм определяется по следующей формуле:

$$W_u = \frac{\pi \cdot d^3}{32}. \quad (7)$$

Подставляя числовые значения в выражения (7) и (6) определяем напряжение изгиба в сечении

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u} = \frac{S \cdot a}{W_u}. \quad (8)$$

На шкворень действует крутящий момент, вызывающий напряжения кручения

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}}. \quad (9)$$

Тогда приведенное напряжение для сложного напряженного состояния будет

$$\sigma_{np} = \sqrt{(\sigma_u)^2 + 4 \cdot \tau_{кр}^2}. \quad (10)$$

Надежность работы шкворня поворотной цапфы без поломок оценивается по коэффициенту запаса прочности шкворня, который определяется по пределу текучести материала изготовления шкворня следующим выражением

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{np}} \geq [n_T]_{min}, \quad (11)$$

где $[n_T]_{min}$ – минимально допустимый коэффициент запаса прочности.

Во время работы у поверхности шкворня в месте сопряжения с шипом поворотной цапфы происходит смятие. Напряжение смятия поверхности шкворня определяется выражением

$$\sigma_{см} = \frac{S}{l \cdot d}, \quad (12)$$

где l – длина участка шкворня сопрягаемой с шипом поворотной цапфы, мм.

Условия прочности шкворня по смятию определяется сопоставлением расчетного значения напряжении смятия с ее допустимым значением следующей зависимостью

$$\sigma_{см} < [\sigma_{см}], \quad (13)$$

где $[\sigma_{см}]$ – допустимое значение напряжений смятия, МПа.

Результаты расчета для наиболее нагруженного шкворня и сопоставления полученных показателей с допустимыми значениями сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оценки прочности шкворня

Показатели	Прочность шкворня по напряжению					
	изгиба в опасном сечении шкворня				смятия поверхности шкворня	
Обозначение	σ_{np} , МПа	σ_T	n_T	$[n_T]_{min}$	$\sigma_{см}$	$[\sigma_{см}]$
Значение	183.59	495	2.7	2.1	16.89	29.43
Результат	Условие прочности выполнено				Условие прочности выполнено	

Результаты расчета показали, что при рассмотренном виде нагружения и максимально допустимой загрузке переднего моста, условие прочности шкворня поворотной цапфы в опасном сечении выполняется, и поверхность шкворня сопряженной с шипом поворотной цапфы по напряжению смятия отвечает нормативным требованиям.

Список литературы

1. Ахметов А.А. Передние мосты универсально-пропашного трактора хлопкового назначения. – Ташкент: Фан, 2014. – 176 с.
2. Патент UZ FAP 00903. Универсально-пропашной трактор / Ахметов А.А., Усманов И.И., Саидаминов С.С., Ахмедов Ш.А. – 2014. – Бюл., №5.
3. Анилович В.Я., Водолажченко Ю.Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
4. Чернин И.М. Расчеты деталей машин. – Минск: Вышэйшая школа, 1974. – 592 с.

Требования к научным статьям, размещаемым в журнале «Международная агроинженерия»

Статья, представленная к публикации должна быть актуальной, отличаться новизной и практической значимостью научных результатов. Предпочтение будет отдаваться, прежде всего, оригинальным статьям теоретического и прикладного характера по научным направлениям, затрагивающим проблемы развития сельскохозяйственного производства. Тематическая направленность статей: техника, технологии и переработка сельскохозяйственной продукции, использование альтернативных источников энергии, информационных технологий в сельском хозяйстве, биоинженерия. Не допускается подача ранее опубликованных или одновременно направленных в другие издания работ.

Статья должна сопровождаться:

- **письмом**, с указанием полных ФИО, научной степени, должность, место работы, адреса, телефоны и e-mail всех авторов;
- **рецензией**, заверенной печатью (рецензент с ученой степенью не ниже ученой степени автора статьи, научная специализация рецензента должна соответствовать научному направлению публикации);
- **экспертным заключением**, выданным учреждением, в котором выполнена работа.

К публикации принимаются статьи в электронном виде на казахском, русском или английском языках, оформленные в соответствии с нижеуказанными требованиями и имеющие научный стиль изложения. Ответственность за содержание статей несут авторы. Статьи, несоответствующие тематической направленности журнала, а также не отвечающие по содержанию и по оформлению изложенным требованиям, к публикации не принимаются. Редакция журнала оставляет за собой право перевода статей на два другие языка, отличные от языка оригинала статьи, и их размещение на сайте www.kazars.kz. Сроки публикации представленных статей устанавливает редакция в зависимости от их значимости и очередности поступления.

Статья оформляется в редакторе MS Word (шрифт Times New Roman, кегль – 14) на страницах формата А4, ориентация - книжная, с полями 2 см со всех сторон, с одинарным межстрочным интервалом (Образец статьи см. на сайте www.kazars.kz) и предоставляется одним файлом в следующей последовательности:

1. **Индекс ГРНТИ** в первой строке слева, без отступа, кегль 14.
2. **Инициалы и фамилия** автора (строчные полужирные), место работы, город, страна (кегль 14, курсив, выравнивание по центру).
3. **Название статьи** на русском, казахском и английском языках должно строго соответствовать содержанию, отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким; кегль 14, прописные полужирные, выравнивание по центру.
4. **Аннотация** на русском, казахском и английском языках оригинала статьи должна ясно излагать её полное содержание с графиком и формулой (в

объеме не менее 80 слов) и быть пригодной для опубликования отдельно от статьи; кегль 12, курсив, 10-15 строк без отступов с выравниванием по ширине, одинарный межстрочный интервал.

5. **Ключевые слова** на русском, казахском и английском языках (не менее 8 слов).

6. **Основная часть** статьи оформляется с абзачными отступами 10 мм с выравниванием текста по ширине, включает таблицы, графические изображения, диаграммы, схемы, фотографии, рисунки и др. Иллюстративный материал должен быть цветным, четким, представлен в едином стиле с соответствующими исходными данными. Подпись к рисунку располагается под ним посередине. Основной текст статьи может обрамлять рисунок. Слово «Рисунок» и «Таблица» пишется полностью. Иллюстрации, таблицы, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, нумеруются арабскими цифрами, нумерация сквозная.

Структура статьи должна включать в себя разделы: введение (не менее 400 слов); методы и материалы (не менее 400 слов); Результаты и их обсуждения (не менее 1300 слов); Выводы (не менее 100 слов)

7. **Литература**, используемая в статье, указывается в порядке упоминания в ссылках в квадратных скобках и приводится в конце статьи как нумерованный библиографический список. Список использованной литературы должен быть оформлен в соответствии с межгосударственными стандартами: ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»; ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила их составления». При написании статей целесообразно применять краткое библиографическое описание состоящее из одних обязательных элементов (Ф.И.О. автора, названия книги, статьи, место издания, издательство, год издания, количество страниц). В списке использованной литературы не указываются: ГОСТы, отчеты (ГОСТы и отчеты указываются в основной части статьи).

Объем научной статьи, включая все вышеперечисленные компоненты (2-7 обязательны), должен составлять, как правило, не менее 10 полных страниц. Нумерация страниц размещается в нижнем колонтитуле по центру, кегль 12.

Электронные версии статьи и указанных сопроводительных документов (письмо, копии рецензии и экспертного заключения, информация по авторам) необходимо направлять по электронному адресу с указанием темы и подписью

- Статья в журнал «Международная агроинженерия»: journal.kazsrima@yandex.ru, kazniimesh@yandex.kz

Научно-технический журнал «Международная агроинженерия», вып.2, 2016г.

Издание зарегистрировано Министерством связи и информации Республики Казахстан: Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания № 11827-Ж от 2 июля 2011 года.

Журнал «Международная агроинженерия» зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция) и ему присвоен международный номер ISSN 2227-2038 (Print), ISSN 2227-2057 (Online). Сертификат выдан Национальным центром ISSN Национальной государственной книжной палаты Республики Казахстан 14 марта 2012 г.

**Издается ежеквартально с 2012 г.
Собственник ТОО «Казахский
научно-исследовательский институт
механизации и электрификации
сельского хозяйства» (г. Алматы)**

**Подписано к печати 10.12.15
Тираж 100 экз. Заказ № 2115
Опечатано в ИП «Шертаева»
ЮКО, г.Шымкент, ул.Аширова, 28А
Сот./e-mail: +77012537080; shertaeva@mail.ru**



**Редакция журнала «Международная агроинженерия»
050005, Республика Казахстан, г.Алматы, пр.Райымбека, 312
Казахский НИИ механизации и электрификации с/х
тел.: +7(727)247-96-00; факс: +7(727)274-96-08
e-mail: kazniimesh@yandex.kz; www.kazars.kz**