

ISSN 2227-2038 (print)
ISSN 2227-2054 (online)

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Международная агроинженерия

научно-технический журнал



2014
выпуск 1



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

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Международная агроинженерия

научно-технический журнал

2014

Выпуск 1 (№9)

Алматы, 2014

Редколлегия

Главный редактор:

Кешуов Сейтказы Асылсеитович, д-р техн. наук, проф.,
акад. АСХН РК (КазНИИМЭСХ)

Заместители главного редактора:

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

Ответственный секретарь: **Алдабергенов Марат Карлович**,
к.т.н. (КазНИИМЭСХ)

Члены:

Доскалов Пламен - Профессор, PhD University of Ruse Department of futomatics & Mechatronics, (Bulgaria); **Havrland Bohumil** - prof. Ing Czech University of life sciences Prague (Czech Republic); **Раджеш Кавассери** - ассоциированный профессор, доктор PhD Государственный университет Северной Дакоты, (США); **Andrzej Chochowski** - prof.dr hab.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

Барков В.И. Анализ технологий переработки органических отходов животноводства.....	4
Антуфьев И. А., Серебряков Р.А. Турбины для высотных ветроэлектростанций.....	11
Антуфьев И. А. Высотные ветроэлектростанции – будущее энергетики.....	20
Юсупов Р.Х., Воронин Е.А., Дементей В.П., Юсупов В.Р. Робототехнический комплекс с двурукой манипуляционной системой...35	
Тайбасаров Ж.К., Жакишев Б.А., Козак А.И. Инженерный консалтинг-основа успешности производства на современном этапе.....	46
Абдикаиров А., Шаукентаев Ж. К выбору рациональных технических средств по пастбищному водоснабжению.....	50
Кадиров К.Ш., Толипов Ж.Н. Особенности электропотребления в АПК при применении дифференцированного тарифа.....	56
Юсубалиев А. Использование сил электрического поля при классификации коллекционных семян хлопчатника.....	59
Утемуратов Ж.Ж. Кавитационный способ формирования аэрозольных частиц для санитарной обработки КРС.....	65
Калиаскаров М., Жуматай Г.С., Усманов А.С. Основные условия и проблемы испытания сельскохозяйственной техники в Казахстане.....	71
Ахметов Т.Д. Теоретические исследования процесса формирования микроклимата животноводческого помещения с использованием теплового насоса.....	76
Требования к научным статьям, размещаемым в журнале «Международная агроинженерия».....	82

УДК 636:631.3:621.3

Барков В.И., д.т.н.
КазНИИМЭСХ, г. Алматы

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

В статье дан анализ технологий и установок для метанового сбраживания отходов животноводства. Выявлены тенденции развития и пути повышения эффективности биогазовых установок.

Ускоренное получение органических удобрений и использование альтернативных источников энергии из органических отходов – проблемы многих стран мира. Вместе с тем, строительство крупных животноводческих комплексов привело к большой концентрации поголовья в одном месте, что, в свою очередь, резко увеличило выход навоза и вызвало проблемы его удаления, транспортировки, хранения и использования в полеводстве, а также охраны окружающей среды.

Интенсивное внедрение биогазовых технологий в развитых странах, повышение их эффективности и рентабельности внесли значительные изменения в стратегию развития этих технологий: если ранее на первом плане рассматривался энергетический аспект, то в настоящее время выделяют экологический и агрохимический аспекты (производство удобрений). Очевидно, это является решающей альтернативой для получения биогаза.

Одно из наиболее перспективных направлений переработки навоза и других органических отходов – биохимическое преобразование путем анаэробного сбраживания. Такое сбраживание позволяет стабилизировать удобрительный потенциал сырья и одновременно получать метан.

Наиболее распространены следующие технологии анаэробного сбраживания: 1) спонтанное сбраживание с помощью микрофлоры, имеющейся в самом исходном сырье, в психрофильном, мезофильном и термофильном режимах; 2) технология эффективных микроорганизмов (ТЭМ); 3) технология иммобилизации активных микроорганизмов; 4) трехстадийная обработка биомассы – основная стадия биообработки в метантенке и две стадии дображивания «холодных» резервуарах; 5) технология разделения кислотной и щелочной стадий сбраживания; 6) технология периодической, циклической подачи субстрата в несколько реакторов со сдвигом фаз их загрузки; 7) технология поточной подачи субстрата в реактор [1...8].

Для обеспечения экологических и санитарных требований используются следующие технологии обеззараживания: 1) пастеризация; 2) электролитическая стерилизация; 3) обеззараживание без химических реагентов с помощью электрофизической и электрохимической обработки; 4)

технология переработки отходов в жидкое топливо; 5) технология переработки отходов сухим способом [8].

Основа управления биосинтетической активностью микроорганизмов – реакция микробной клетки на изменение внешних условий. Поэтому для разработки технологических режимов культивирования микроорганизмов необходимо регулировать факторы, влияющие на кинетику метаногенеза: температуру, рН среды, ее окислительно-восстановительный потенциал, объем и периодичность загрузки сырья, методы и скорость ее перемешивания и отвода продуктов метаболизма.

Исследования показали, что улучшить физико-химические и биохимические свойства навоза позволяет предварительная подготовка. Возможны несколько способов такой подготовки: 1) гомогенизация навоза и его выстаивание при температуре процесса до полного потребления кислорода из рабочей смеси - этим создаются микроаэрофильные условия для активизации кислотогенной микрофлоры; 2) химическая обработка слабой кислотой или щелочью и выстаивание аналогично первому варианту; 3) обработка комплексом гидролитических групп микроорганизмов.

Предварительная подготовка навоза производится в термофильных условиях при температуре 50..55 °С. Наиболее активная фаза образования летучих кислот наступает через 25...35 ч, а их содержание увеличивается на 60...90% по сравнению с этим показателем в исходном навозе. При подготовке навоза в мезофильных условиях (30...35 °С) содержание летучих кислот увеличивается незначительно.

Обработка навоза комплексом гидролитических микроорганизмов при температуре 55 °С позволяет сократить время подготовки до 16...18 ч и повысить скорость выделения биогаза на 30...45%.

Предварительная подготовка навоза путем химической обработки производится слабой кислотой или щелочью. Основным промежуточным продуктом при разложении – ацетат (уксусная кислота), присутствуют также масляная и пропионовые кислоты.

Оптимальный вариант предварительной подготовки навоза – гомогенизация и выдерживание при температуре процесса. В этом режиме выделение биогаза начинается в течение одних суток после загрузки в реактор, а содержание метана в нем возрастает до 49...52%, по сравнению со спонтанным режимом.

Фирма МТ- Biomethan GmbH (Германия) применяет технологию 3-х стадийного сбраживания для увеличения выделения биогаза: основное анаэробное сбраживание в метантенке, дображивание в «холодном» резервуаре и остаточное газовыделение в резервуаре-накопителе готового удобрения [1].

В качестве другого варианта такой технологии фирмой «Ubitec GmbH» (Германия) предложена технология сбраживания, которая состоит из 2-х стадий: кислотная стадия протекает в предварительном биореакторе, а щелочная стадия протекает в основном реакторе [4].

Преимущество деления процесса анаэробной переработки на отдельные фазы или стадии, проявляется в том, что в каждой фазе создаются оптимальные условия для развития и жизнедеятельности той популяции микроорганизмов, которая необходима для повышения эффективности брожения биомассы.

При биологических окислительно-восстановительных процессах, к которым относится и метановое брожение, концентрация водородных ионов (рН) значительно влияет на активность ферментативных реакций. Многие специалисты считают, что оптимальное значение рН для метановых бактерий – 7,0...7,6, расширение этого интервала до 6,5 снижает выход биогаза на 30...40%, а до 6 – почти полностью тормозит развитие метановой микрофлоры [5].

Таким образом, устойчивость и интенсивность процесса метанового сбраживания в биореакторе зависит от сбалансированности всех стадий процесса, оптимального взаимодействия всех групп микроорганизмов в каждой фазе переработки.

Количество бактерий в 1 мл субстрата при любом микробиологическом процессе, протекающем непрерывно, обуславливается скоростью разбавления культуры, т.е. дозой загрузки в биореактор. Эту зависимость можно выразить уравнением

$$\frac{dx}{d\tau} = (V_{\text{рост}} - V_{\text{разб}})x, \quad (1)$$

где x – количество бактерий в 1 мл субстрата; τ – время протекания процесса; $V_{\text{рост}}$ – удельная скорость роста культуры; $V_{\text{разб}}$ – скорость разбавления культуры, зависящая от дозы загрузки.

Если $V_{\text{разб}} = V_{\text{рост}}$, то $\frac{dx}{d\tau} = 0$, т.е. количество бактерий в субстрате остается постоянным.

Анаэробное брожение наиболее эффективно протекает при постоянном росте количества микроорганизмов, таким образом, условие интенсификации процесса имеет вид:

$$V_{\text{разб}} < V_{\text{рост}}, \text{ тогда } \frac{dx}{d\tau} \geq 0. \quad (2)$$

Ускорить выход метантенка на рабочий режим можно также, используя новые эффективные ассоциации микроорганизмов путем внесения их в виде засевного материала одновременно с подготовленным навозом.

В патенте России RU №2413408 разработана технология метанового сбраживания, путем введения в субстрат ассоциаций микроорганизмов, перерабатывающих навоз в органические кислоты и метаногенерирующие культуры [2].

В кислотной стадии сбраживания субстрата в него вводятся штаммы эффективных микроорганизмов, содержащих, например, культуры *Coryne-*

bacterium species, Pseudomonas species, Arthrodacter simplex, перерабатывающих навоз в органические кислоты. Использование сбалансированной синтрофной ассоциации микроорганизмов позволяет сократить период вывода на рабочий режим до 2...3 сут и начать непрерывный процесс с довольно высокой суточной дозы загрузки - 30...35%. Однако в этом случае требуется введение промежуточных емкостей для выращивания необходимого количества засевного материала, но эти затраты окупаются благодаря интенсификации процесса в 2...3 раза.

В щелочной стадии сбраживания субстрата интенсификация процесса производится введением через дозатор штаммов эффективных микроорганизмов, содержащих, например, метаногенерирующие культуры *Methanobacterium omelianskii* и *Methanococcus mazei*.

Представляет интерес использование технологии эффективных микроорганизмов (ТЭМ), разработанной профессором Хига из университета г. Окинава (Япония) [3].

Скорость биохимических реакций возрастает пропорционально увеличению температуры, для биохимических реакций такая зависимость наблюдается до некоторого предела. Как известно, при сбраживании навоза выделение биогаза идет в 2,5...3 раза быстрее в термофильных условиях (40...55 °C), чем в мезофильных (25...35°C).

Однако выделение биогаза зависит не только от дозы загрузки, но и от метода внесения сырья в метантенк. При прочих равных условиях дискретная подача навоза более эффективна, чем разовая, при этом количество разложившегося органического вещества и выход биогаза выше на 38...50%.

Многоуровневое перемешивание и принудительная дегазация ускоряют процесс. При перемешивании можно добиться равномерного распределения загружаемого навоза и микроорганизмов в реакторе, а с помощью принудительной дегазации воспрепятствовать накоплению промежуточных и конечных продуктов метаболизма.

Одним из способов повышения выхода биогаза является применение различных стимулирующих экзогенных добавок: метанола, ацетата, целлюлозы и др. Например, добавление в субстрат аскорбиновой кислоты в комбинации с Ca-L- аскорбатом, по технологии разработанной фирмой Schmack Biogas GmbH (Германия). В качестве индикатора эффективности анаэробного брожения определяется Redox-потенциал, который является электрохимическим критерием [3]. Внесение экзогенных добавок уменьшает время вывода метантенка на рабочий режим до 3...5 сут.

Закономерности развития микробных популяций в зависимости от вида экзогенных добавок приведены на рисунке 1. Обращает на себя внимание резкое увеличение скорости образования метана в присутствии ацетата. Довольно высока эта скорость уже в первые сутки культивирования и при внесении целлюлозы, что указывает на участие в процессе целлюлозо-разрушающих бактерий.

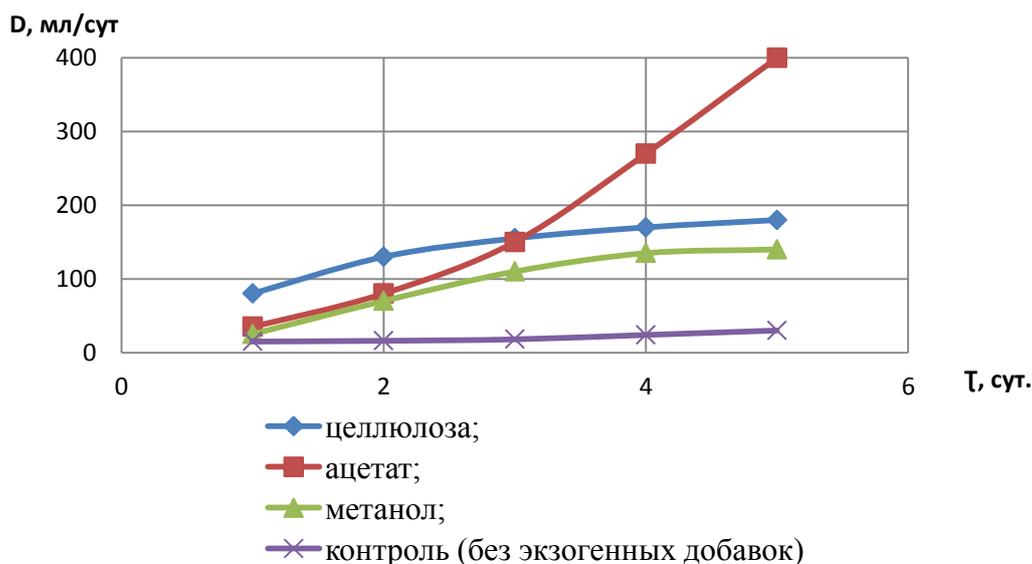
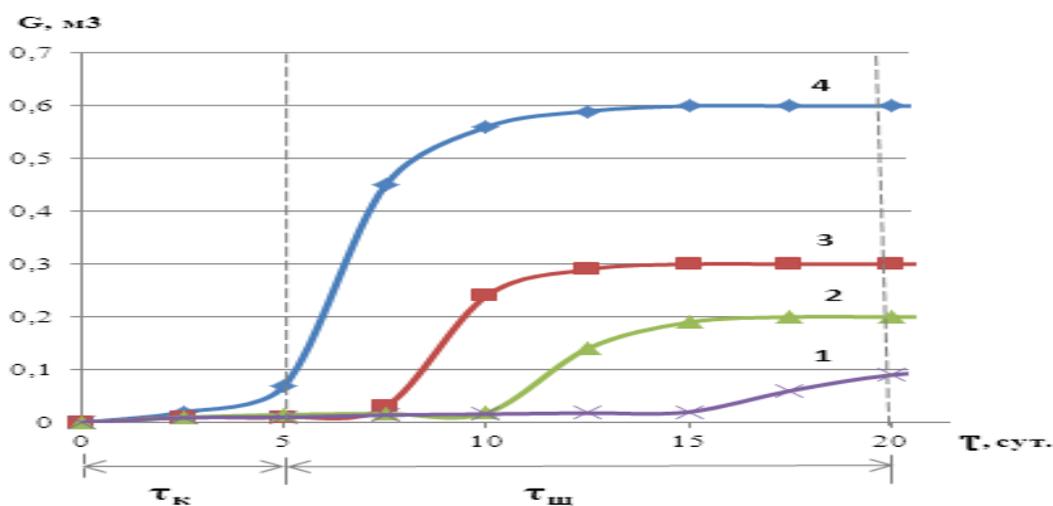


Рисунок 1 – Влияние вида экзогенных добавок на скорость образования метана D (мл/сут) микрофлорой навоза

Результаты исследований условий обеспечения биосинтетической активности микроорганизмов при испытаниях на лабораторной биогазовой установке с реактором объемом $0,5 \text{ м}^3$ приведены на рисунке 2, где показана зависимость интенсивности процесса сбраживания биомассы от дозы загрузки.



1 – доза загрузки 3% (15 л/сут); 2 – доза загрузки 6% (30 л/сут); 3 – доза загрузки 15% (60 л/сут); 4 – доза загрузки 20% (100 л/сут); τ_k – время экспозиции в стадии кислотного брожения; $\tau_{ш}$ – время экспозиции в стадии щелочного брожения

Рисунок 2 – Зависимость продолжительности стадий кислотного и щелочного сбраживания и выхода биогаза от дозы загрузки биомассы в биогазовую установку с объемом реактора $0,5 \text{ м}^3$ в мезофильном режиме

Анализ полученных данных говорит о том, что при изменении дозы загрузки биомассы от 3 до 20% удельный выход биогаза составляет для мезофильного режима $0,2...1,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ в сутки и для термофильного режима $0,4...2,16 \text{ м}^3/\text{м}^3$ в сутки. Полученные данные свидетельствуют, что стадия кислотного брожения наиболее эффективно протекает в мезофильном режиме, а её продолжительность снижается от 15 до 5 суток, при увеличении дозы загрузки от 3 до 20%. Следовательно, оптимальные условия кислотного сбраживания следующие: температура – $30...35 \text{ }^\circ\text{C}$, кислотность $\text{pH} = 4,8...7,2$, время экспозиции – 3...5 суток, доза загрузки – 15...20%.

Стадия щелочного сбраживания наиболее эффективно протекает в термофильном режиме при температуре $50...55 \text{ }^\circ\text{C}$, кислотность $\text{pH} = 6,7...7,7$, время экспозиции – 7...15 суток, доза загрузки – 10...12%.

Таким образом, можно сформулировать следующие тенденции развития биогазовых технологий и пути повышения эффективности работы биогазовых установок метанового сбраживания органических отходов в анаэробных условиях:

- стабилизация исходного субстрата по физико-механическим и биохимическим показателям;
- создание и подбор активных метанобразующих ассоциаций микроорганизмов;
- применение различных видов микроорганизмов в кислотной и щелочной стадиях сбраживания субстрата;
- размещение в биореакторе средств иммобилизации анаэробной микрофлоры;
- применение стимулирующих (экзогенных) добавок;
- оптимизация условий обеспечения биосинтетической активности ассоциации микроорганизмов и режимов сбраживания;
- выполнение оборудования по блочно-модульному принципу;
- комбинированное использование мезофильного и термофильного режимов сбраживания в многокамерных биореакторах;
- пастеризация субстрата и готового удобрения;
- разработка технологий многофазной анаэробной переработки и принципиально нового оборудования.

Выводы. Анализ технологий анаэробного сбраживания позволил выявить тенденции их развития и пути повышения эффективности биогазовых установок. Это позволит получить исходные данные для разработки технологического оборудования для метанового сбраживания органических отходов и создавать инновационные конструктивно-технологические схемы высокопроизводительного оборудования на базе дальнейшего развития разработанных технологий.

В дальнейшем необходимо исследовать методы управления активностью микроорганизмов при анаэробном разложении органических отходов. Это позволяет формировать микробные сообщества с заданной

физиологической активностью, направленно регулировать метаболизм микроорганизмов и глубину разложения субстрата.

Литература

1. MT- Biomethan shließt Pool 2 für Stadtwerke erfolgreich ab. ew: Elektrizitätswirt. – 2012. – 111. – №14. – С. 12.
2. Патент RU №2413408 Россия, МПК 8С02F11/04. Способ метанового сбраживания навозных стоков /Лужков Ю.М., и др.; заявитель и патентообладатель Лужков Ю.М. – заявлено 15.10.2009 опубл. 10.03.2011, бюл. №7. – С.2.
3. als Messgrobe für Biogasanlagen. Euroheat and Power. – 2012. – 41. – №6. – С. 71.
4. Патент DE 10316680 В4 Германия, МПК 8С12М1/113. Устройство и способ получения биогаза / Биндлер У., Запп К. – заявка DE 2003 1016680 опубл. 10.04.2003, ИСМ 2003.
5. F. Fantozzi, C. Buratti. Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester //Bioresource Technology, 2009. – December, Volume 100. – Issue 23.
6. Кешуов С.А., Барков В. И. Проблемы использования биоэнергетических установок в сельском хозяйстве //Малая энергетика. – М., 2011. – №3.
7. Нурпеисова Г.Б., Барков В.И. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в АПК Казахстана //Energy Fresh. – М., 2011. – №2 (4). – С 40-42.
8. Yu. Shalimov, A.L. Gusev, G.A. Mhitorjan and eth. Modern alternative power from the point of view of economy and ecology //International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. – 2010. – №10 (90).

УДК 621.39

*Антуфьев И. А., к.м.н., Серебряков Р.А., к.т.н.
ГНУ ВИЭСХ, г. Москва*

ТУРБИНЫ ДЛЯ ВЫСОТНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Предложено новое, экологически безопасное и реальное решение обеспечения населённых пунктов и даже мегаполисов дешёвой электроэнергией. Высотные электростанции с турбинами авторов могут реально решить большинство проблем по освоению пустошей, брошенных земель, а также по организации производственных предприятий вблизи проживания рабочих и служащих. В высотных ветроэлектростанциях рекомендовано использовать турбины Р.А. Серебрякова, В.Ф. Увакина и И.А. Антуфьева. Это позволяет решить массу проблем социально-бытового характера и обеспечить комфортные условия жизни и работы населения

Известные катастрофы последнего времени с Чернобыльской и Фукусимской АЭС заставили интенсивно переосмысливать пути и способы получения электроэнергии. Мир научный и ненаучный был вынужден пересмотреть свои подходы к энергетическим проблемам и к оценкам даже самых совершенных и, казалось бы, самых безопасных атомных электростанций. Над созданием АЭС работает и работало много коллективов с высококлассными специалистами, высочайшего уровня квалификации. На их авторитетах и строилась убеждённость о непогрешимости способа получения электроэнергии с участием атомных реакций разного уровня. Но даже и эта высокая наука не смогла предусмотреть артефакты конкретной работы с конкретным (хорошо известным) атомным ядром. Не было предсказано и учтено то обстоятельство, что над любой мощной АЭС всегда (хотим мы этого или не хотим) формируется поток заряженных частиц устремлённых вверх, в стратосферу. Поток никто не замечает и не оценивает, но именно это явление и формирует ответную реакцию земных недр с последующими малыми и большими землетрясениями, что и фактически наблюдалось на Фукусиме. Все явления в мире замкнуты в зависимые системы и ни одно из них не может быть автономно-независимым или произвольным. Пора уже это понять предметно с точки зрения физики Земли и особенностей Пространства. Именно с таких позиций утилизация энергии ветров на больших высотах является самым безобидным для экологии планеты способом обеспечения народов Земли электроэнергией.

Многолетние рассуждения о энергии ветра и её утилизации естественным путём замыкались на древние устройства типа ветряной мельницы (рисунок 1).

До некоторого времени это не противоречило привычной логике мышления и не вызывало попыток изменить, усовершенствовать и переосмыслить ту же самую ветряную мельницу с позиций оптимального решения по утилизации энергии ветра. Нельзя сказать, что все решения в

этой области являются удачными. Многие идут по пути простого увеличения размеров лопастей [2].



Рисунок 1 – Ветряные мельницы типичного европейского пейзажа 19 века [1]



Рисунок 2 – В Айдахо строится гигантская ветроэлектростанция

Пытливый изобретатель из России В.Ф. Увакин в 1994 году подал заявку на новый тип устройства по утилизации энергии ветра [3], то есть предложил свою конструкцию ветротурбины (рисунок 3), которая быстро была перенята австралийцами и названа Eco Whisper Turbine (рисунок 4), поскольку такая турбина и в самом деле генерировала очень мало шума, была примерно на 30 процентов более производительна по сравнению с трёхлопастными турбинами и совершенно не раздражала жителей своим видом и вращением.

Целью изобретения Увакина В.Ф. является упрощение конструкции подобных турбин, уменьшение массы, увеличение ресурса, расширение диапазона рабочих скоростей ветра.

Ветроэлектростанция содержит конфузур, установленный на вершине вертикальной поворотной опоры, а генератор с турбиной на его оси закреплён в горловине конфузора. Лопасты турбины выполнены из упругого

ленточного материала в виде вогнутых со стороны воздушного потока и гофрированных в направлении потока пластин, закреплённых консольно со стороны выхода воздушного потока на полых аэродинамического профиля стойках на ступице турбины. Угол конусности конфузора выбран равным 60-80 градусов, угол закручивания рёбер жёсткости на внутренней поверхности конфузора выбран равным 30-40 градусов, угол установки концевого сечения лопасти турбины по отношению к оси турбины выбран равным 85-100 градусов.



Рисунок 3 – Ветроэлектростанция
Увакина В.Ф.



Рисунок 4 – Экологичная бесшумная турбина

Австралийцы выпускают эту турбину в двух модификациях: 5 кВт и 20 кВт. Оба варианта работают практически бесшумно, более компактны, лучше утилизируют энергию ветра, быстро могут быть удалены и укрыты при ураганных ветрах, а также благоприятно воспринимаются людьми в противоположность устаревшим лопастным конструкциям.

Но более эффективной и несомненно прогрессивной в техническом плане выглядит турбина Р.А. Серебрякова, получившая сокращённое обозначение ВВЭУ (рисунок 5), которая также предназначена для утилизации энергии слабых и средних по силе ветров [4, 5].

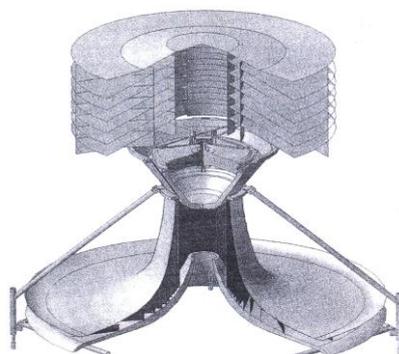


Рисунок 5 – Турбина Р.А. Серебрякова (ВВЭУ-0,5)

Особенностью турбины является образование и использование вихревых потоков воздуха, что значительно повышает производительность агрегата при той же скорости ветра. Горизонтальный поток воздуха она преобразует в вертикальный и потому может быть использована в центральном вертикальном канале высотной ветроэлектростанции. Большим преимуществом турбины является возможность её стабильной работы (рисунок 6, обозначена красным цветом) по выработке мощности при больших вариациях скорости движения воздуха (испытана при скоростях от 5 до 25 м/сек.), что важно для обеспечения качества электроэнергии для потребителя. Шум от работающей турбины ВВЭУ-0,5 слабый и не является шумовым загрязнением.

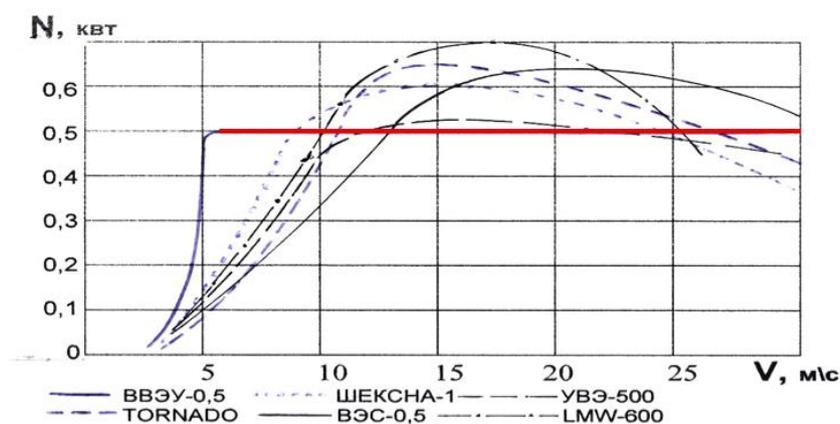


Рисунок 6 – Сравнительные характеристики разных ветровых источников энергии

Важно заметить, что все проекты и расчёты по ветроэнергетике проведены и проводятся в настоящий момент для ветровых горизонтов примерно 30-50 (в крайних случаях - 100) метров над уровнем земли, и расчётные параметры ветров составляют от 5 до 24 м/с. [6].

Даже при таких скоростях ветра технический потенциал ветровой энергии России в целом составляет свыше 50 000 млрд кВтч/год. Этот показатель более чем в 60 раз превышает общее реальное электропотребление страны, а экономический потенциал составляет примерно 260 млрд кВтч/год, т.е. около 30% производства электроэнергии всеми электростанциями России [7, 8].

Как известно, мощность свободного потока воздуха выражается формулой:

$$P = S * r * V^3 / 2$$

где: P – мощность воздушного потока (Вт); r – плотность воздуха (около 1.225 kg/m^3 на уровне моря, выше - плотность уменьшается); S – площадь ветроколеса, находящаяся под действием ветра (m^2); V – скорость ветра (м/с).

Как видно из формулы, выходная мощность ветрового потока увеличивается пропорционально третьей степени скорости ветра. Если скорость ветра возрастает в два раза (например, с 5 м/с до 10 м/с), то энергия ветрового потока возрастает в 8 раз. Результатом данного кубического соотношения является наличие очень небольшого количества энергии на малых скоростях ветра. Отсюда следует, что устанавливать ветротурбины на высотах 100-200-300-500 метров и более несоизмеримо выгоднее, даже невзирая на некоторое уменьшение плотности воздуха, и дело только за приемлемой конструкцией таких турбин (генераторов тока) и самих типов электростанций.

Здесь совсем другие динамические нагрузки и другие экономические показатели. Поэтому преимущество всегда остаётся за ветрами большой силы (и скорости), которые можно иметь на высотах более 200 метров над поверхностью земли.

Для сильных, крепких и ураганных ветров, которые нередко отмечаются на высотах более 200 метров, предложена турбина И.А. Антуфьева [9].

Особенностями подобных ветроагрегатов является необходимость уменьшить производственный шум от их работы, сохранив при этом основные мощностные характеристики, а также повысить устойчивость к ветрам ураганной силы.

Предлагаемое в нашем изобретении решение устраняет многие недостатки прототипов. Решение состоит в том, что турбина (вал турбины или турбоколесо) выполнена из последовательных слоёв сетки, скреплённой внутренними укрепляющими стяжками, причём турбина (вал турбины) расположена горизонтально под некоторым углом к потоку воздуха, что увеличивает площадь соприкосновения турбины с воздушным потоком и повышает отбор мощности. Сетчатая основа ротора (или вала турбины) снижает силу противотока ветров и тем самым уменьшается повреждающее действие на турбину в целом. Ось турбины выполнена (подвешена) на магнитных подшипниках с функцией регулирования скорости вращения и торможения. Помимо этого, канал для воздушного потока (воздуховод) выполнен с сужением и расширением с целью направить поток воздуха на верхнюю половину турбины (вала турбины, турбоколесо), оставляя нижнюю часть интактной по отношению к воздушному потоку.

Такая турбина без лопаток является сверхнадёжным дешёвым агрегатом, способна противостоять любым ураганным ветрам и сохранять большую часть своей мощности вращения в самых экстремальных случаях, например, при обледенении.

Параллельно основному воздуховоду с расположенной в нём турбиной, устройство имеет дополнительный малый воздуховод, выполняющий роль эжектора по удалению воздуха от нижней (интактной) части турбины, облегчая её вращение за счёт уменьшения сопротивления воздуху внизу опорной части конструкции.

В этой же (нижней части) опорной конструкции могут располагаться лучистые (например, инфракрасные) излучатели для предотвращения обледенения турбины (ветроколеса, вала турбины) при некоторых особенностях сырого и холодного воздуха в зимний период.

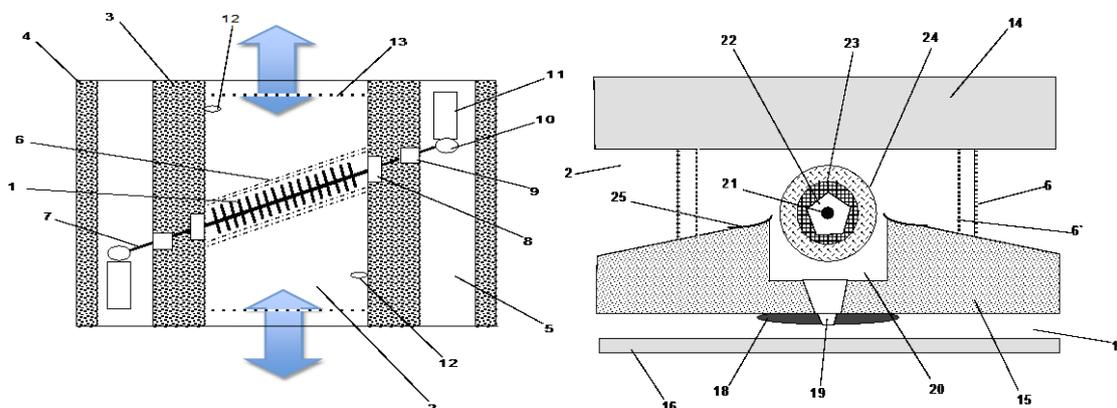


Рисунок 7 – Турбина И.А. Антуфьева для больших ветровых нагрузок [9]

Вращение от вала турбины передаётся на генераторы тока любыми доступными путями, например, с помощью редуктора с регулировкой передаточного числа.

Наше предложение не исключает использование турбин с лопатками или другими приспособлениями для захвата ветрового потока и передачи его мощности на процесс движения ветроколеса турбины. Но функцию лопаток успешно выполняют внутренние звёздочки, опорные элементы, на которые размещаются слои сетки.

На рисунке 7 изображены основные элементы турбины.

Турбина 1 (рисунок 7) расположена в ветроканале 2, образованном несущими стенами 3, параллельно которым выполнены дополнительные перегородки 4, образующие помещения 5 для рабочего персонала и необходимой техники. Турбина защищена двумя рядами сеток 6 с разной величиной ячеек, причём наружная сетка имеет ячейку больше (например, в 10 раз), чем сетка, более близкая к турбине.

Вал 7 турбины выполнен с учётом крепления в опорных 8 и стабилизирующих 9 магнитных подшипниках с возможностью ослаблять или усиливать торможение вращению турбины со стороны магнитных подшипников и возможностью передачи вращения на редуктор 10 и генератор 11.

В ветровом канале выполнен анемометр 12 или любой другой контрольный прибор, способный определять скорость ветра и ветровое давление на единицу площади (или на реальный прототип лопатки ветротурбины). Показания анемометра являются датчиком для автоматического регулирования функции магнитных подшипников через процессор (не показан).

Ветровой канал выполнен защищённым с наружных сторон заградительными решётками 13, препятствующими попаданию птиц и других предметов в ветровой канал.

Верхнее перекрытие 14 ветрового канала и нижняя часть опорной конструкции 15 формируют суженную часть ветроканала с расположенной в нём турбиной. Под нижней частью опорной конструкции с помощью плоскостей 16 выполнен эжекторный канал 17 с приливом 18 для формирования сужения канала, и открывающимся в этот канал воронкообразным выходом 19 для отсоса воздуха от нижней части турбины (ветроколеса).

В нижней части опорной конструкции выполнено углубление 20, где размещена нижняя часть турбины, из которого происходит отсасывание воздуха. В этом углублении выполнены инфракрасные обогреватели (не показаны) для профилактики обледенения турбины при холодном влажном воздухе.

Ось турбины в своей средней части 21 снабжена звёздами 22 для более прочного крепления слоёв сетки на валу (на оси) турбины. Частично, они заменяют лопатки турбины. Глубокие слои 23 сетки выполнены более плотной намоткой с меньшим размером ячеей. Внешние слои 24 сетки выполнены прочной, толстой проволокой с большим размером ячеей.

В местах непосредственной близости от турбины на опорной конструкции выполнены закрылки 25 для регулирования характеристик воздушного потока перед попаданием его на турбину.

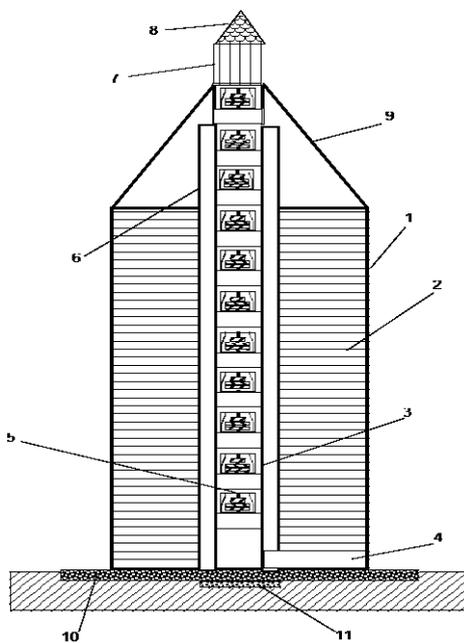


Рисунок 8 – Общий вид

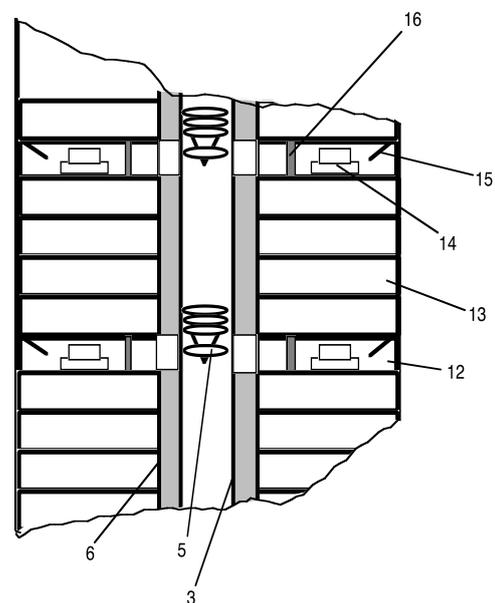


Рисунок 9 – Вертикальный разрез

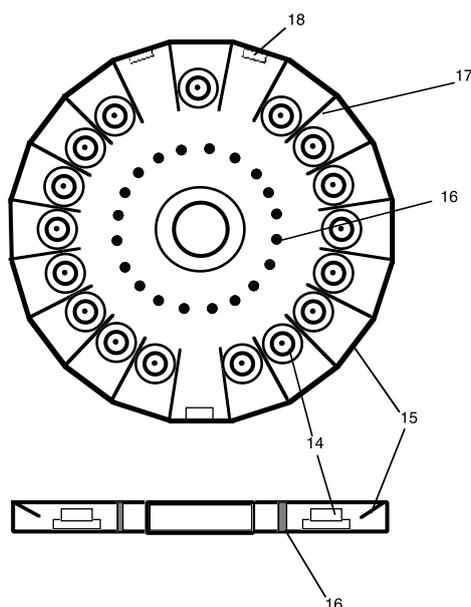


Рисунок 10 – Горизонтальный разрез строения

Работает устройство следующим образом.

Ветропоток, захваченный внешними концентраторами и направленный в ветроканал 2 (рисунок 7), проходит через защитные сетки 6, попадает на турбину 1, которая начинает вращаться и передавать вращение на редуктор 10 и генератор тока 11. Часть ветропотока направляется в эжекторный канал 17, где через конусный выход 19 производится отсасывание воздуха из углубления 20, облегчая вращение турбины 1. Закрылками 25 (рисунок 7) производят регулировку характеристик ветропотока с целью достижения оптимальных параметров вращения турбины. Электроток, вырабатываемый генераторами 11, направляется потребителю (не показан).

Расположение различных ветротурбин на высотной электростанции можно схематично представить на рисунках 8, 9 и 10. На рисунке 8 представлен общий вид строения, где в башне 1 с силовыми горизонтами 2 выполнен центральный канал 3, который сообщается в нижней части аркой 4 с нижними горизонтами атмосферы. В восходящих потоках воздуха рационально размещать турбины 5 Р.А. Серебрякова, работающие в широком диапазоне скорости вертикальных и горизонтальных ветровых потоков.

В силовых горизонтах 13 (рисунок 9), где господствуют крепкие ветра (сильные ветровые потоки), вполне допустимо использование модифицированных ветротурбин Увакина В.Ф. в специальных защитных кожухах (не показаны, поскольку это относится к предмету нового изобретения). Здесь же можно использовать некоторые виды роторных турбин 14 после соответствующей доработки.

Ветровые заслонки 15 (рисунок 10) предотвращают разрушение роторных турбин от порывов сверхсильных ветров, что иногда может наблюдаться при резких сменах погоды.

В зоне штормовых и ураганных ветров (приблизительно на высотах 350-550 м) могут быть использованы только турбины И.А. Антуфьева.

Выводы

1. Обеспечение населения электроэнергией за счёт строительства высотных ветроэлектростанций – самый перспективный метод освоения пустошей, заброшенных территорий, а также и совершенствования энергоснабжения существующих мегаполисов.

2. Нынешние представления об альтернативной энергетике, в частности, о ветроэнергетике, преднамеренно искажены заинтересованными монополиями и требуют серьёзных поправок с точки зрения подлинных возможностей для России и отдельных государств в частности и населения планеты вообще.

3. В настоящее время уже имеются реальные возможности для освоения постоянно дующих сильных ветров на высотах более 200 метров, но несравненно большим преимуществом будут обладать ветроэлектростанции высотой 500 м и выше.

Литература

1. Интернет-ресурс: <http://uvakin.ru/inye-konstrukcii/energetika/vetroelektrostanciya/>.

2. Интернет ресурс: <http://habrahabr.ru/post/102659/>.

3. Увакин В.Ф., патент РФ № 2131995, Ветроэлектростанция; <http://uvakin.ru/inye-konstrukcii/energetika/vetroelektrostanciya/>.

4. Серебряков Р.А. Некоторые вопросы теории вихревой энергетике //Научные труды ВИЭСХ. – Т.85. – 1999. – С.3454.

5. Серебряков Р.А., Новая энергетика //Энергетика и промышленность России. – №5. – 2003. С. 41.

6. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок /Методические указания. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 56.

7. Раве Р., Бьеррегорд Х., Милаж К. Проект достижения выработки 10% мирового электричества с помощью энергии ветра к 2020 г. //Труды форума FED, 1999, <http://www.rao-ees.ru/ru/news/gazeta/179-2005/show.cgi?veter.htm>;

8. Атласы ветрового и солнечного климатов России //Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова. – СПб.,1997.

9. Антуфьев И.А., патент РФ № 2443901. Турбина для больших ветровых нагрузок.

УДК 621.39

*Антуфьев И. А., к.м.н.
ГНУ ВИЭСХ, г. Москва*

ВЫСОТНЫЕ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ – БУДУЩЕЕ ЭНЕРГЕТИКИ

В статье представлены новые решения для использования постоянно дующих на некоторых высотах ветров. Высотные ветроэлектростанции являются комплексным решением множества проблем, главными из которых являются: постоянный избыток дешевой электроэнергии, близость жилых массивов к месту работы, возможность размещения большинства типов промышленных цехов, фабрик, теплиц, многих перерабатывающих предприятий в одном большом кластере с возможностью решения почти всех социальных вопросов бытия, повышение качества жизни всех рабочих и служащих

Введение

В настоящее время наблюдается тенденция заметного опустошения сельских поселений и концентрация населения в городах. Объективными причинами чаще всего являются неустроенность территорий, отсутствие должной инфраструктуры, неустроенность быта и труда, недоступность многих коммуникационных ресурсов и, как это замечено во многих странах, более высокие требования людей к качеству жизни.

Опустошение территорий провоцирует зарастание полей сорной растительностью, от чего возникают лесные и степные пожары и многие другие неприятности, характерных для брошенных земель. Например, в России в 2010 году площадь пожаров составила, по данным Global Fire Monitoring Center, около 10 млн. гектаров [1]. Одно это уже подчёркивает, что «Возвращение населения на брошенные земли, рассредоточение его на больших территориях, освоение как можно больших территорий страны живым коренным населением становится очень важной государственной задачей» [1].

Первоначальным фундаментальным фактором в надёжном освоении заброшенных земель и пустошей является электроэнергия, причём в неограниченном количестве для выполнения всех насущных задач во всех сферах жизнеобеспечения населения на государственных территориях.

Анализ проблемы

Современная энергетика развитых стран основана на сжигании ископаемого углеводородного топлива - нефти, газа и угля. Выделение углекислого газа и двуокиси серы приводят к изменению параметров климата и кислотным дождям. В 1997 г. в Киото (Япония), был подписан проект соглашения о сокращении выбросов промышленных газов, которые являются основной причиной загрязнения среды обитания, что провоцирует изменение погоды и климата в глобальном масштабе. Европей-

ский Совет по возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) считает, что если будут приняты необходимые меры стимулирования развития использования ВИЭ, то к 2040 году их доля в общем энергопотреблении Европы составит около 50% [2].

Ежегодный прирост мощности ветроэлектростанций (ВЭС) в Европе в период с 1995 по 2000 г. составлял 35%. В 2005 г. суммарная мощность действующих сетевых ВЭС в мире составила 59322 МВт [3]. Серьёзным поставщиком ВЭС стала Европа (из Дании в Америку поступило 6 тыс. ВЭС). Себестоимость электроэнергии, производимой от ВЭС, снизилась с 14 цент/кВт·ч в 1981 г. до 4,6 цент/кВт·ч в 1988 г.

Согласно планам Европейской ассоциации ветроэнергетики (EWEA) в 2010 г. установленные мощности ВЭС в странах Европы достигнут 75000 МВт, а в 2020 г. - 180000 МВт. К 2020 г. сокращение выбросов CO₂ за счёт использования ВИЭ составят 728 мегатонн в год, что соответствует снижению выбросов парниковых газов на 17,3% по сравнению с 1990 г. Эта цифра близка обязательствам ЕС по Киотскому Протоколу [4].

В 90-х годах началось развитие сетевой ветроэнергетики в ряде стран Европы, а также в Индии, Китае, Австралии. Возможность быстрого и успешного развития нетрадиционных источников энергии продемонстрировала Индия, где задача использования ВИЭ была поставлена на государственный уровень. Там в 1992 г. было создано Министерство нетрадиционных источников энергии, которое осуществляет планирование развития новой отрасли, разрабатывает меры экономического стимулирования для привлечения частных инвесторов и кредитов международных финансовых организаций, разрабатывает и финансирует из бюджетных средств создание демонстрационных проектов. Для решения коммерческих вопросов при Министерстве было создано Агентство по развитию ВИЭ, работающее как постоянно действующий фонд субсидирования и выдачи кредитов представителям частного сектора и инвестирования сооружений, использующих ВИЭ [5].

Начав с собственного производства ВЭС мощностью 100-250 кВт, Индия непрерывно наращивала используемые мощности. С первых шагов развития ветроэнергетики Индии в ней принимали участие датские фирмы Vestas, Micon. Затем началось проникновение американского и германского капитала (фирмы: Zond, Carter, Enercon). В настоящее время большая часть устанавливаемых в стране зарубежных ВЭС производится или собирается на предприятиях Индии. Достигнутые успехи развития ветроэнергетики позволяют Индии планировать возрастание доли электроэнергии ВЭС в общем энергобалансе страны от 5% в 2010 г. до 10% в 2020 г. [6]. Энергия от ВЭС оказывается дешевле, чем от дизельных электростанций. В 2005 г. Индия по размерам суммарной установленной мощности ветроэлектростанций (4430 МВт) заняла четвертое место в мире [6].

Конкретные решения старого типа

Классическим примером старого и практически верного решения в отношении энергии ветра является труд Н.Е. Жуковского [7].

Известны различные типы ветродвигателей, в том числе роторные, карусельные, барабанные и др. Однако в большинстве стран широкое применение получили только горизонтально-осевые крыльчатые ветродвигатели. Основным рабочим органом таких ветродвигателей является ветроколесо с лопастями, расположенными по радиусам под некоторым углом к плоскости вращения. Число лопастей может быть различным, но для ветроэлектрических агрегатов преимущественное применение получили трёх- и двухлопастные ветроколеса.

В 1931 г. в Крыму по проекту ЦАГИ недалеко от г. Севастополя была построена первая в мире ветроэлектрическая станция (рисунок 1) мощностью 100 кВт, работающая параллельно с местной энергосистемой [8]. Ветроэлектрический агрегат имел ветроколесо диаметром 30 м со стабилизаторным типом регулятора частоты и генератор асинхронного типа. Станция успешно работала, но была разрушена во время войны в 1942 г.

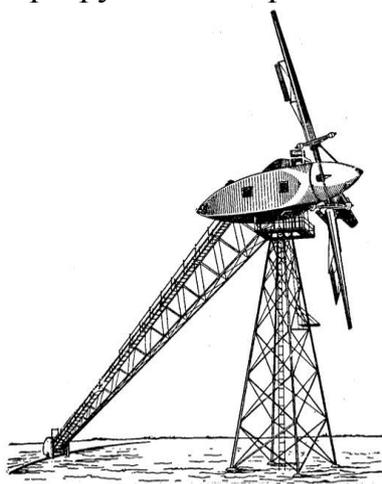


Рисунок 1 – Балаклавская ВЭС мощностью 100 кВт

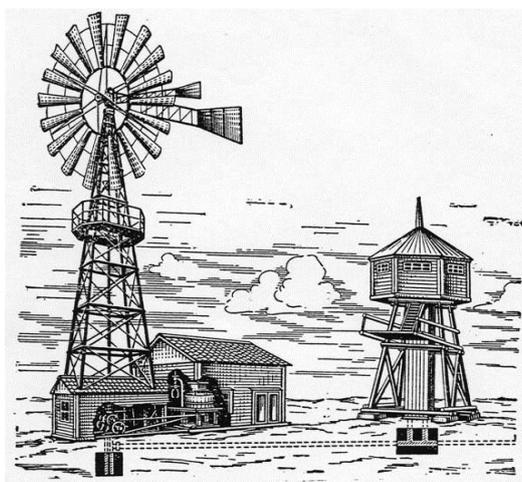


Рисунок 2 – Ветродвигатель ТВ-8 для подъема воды и переработки кормов

С 50-х годов особую популярность приобрёл ветродвигатель Т-8 (рисунок 2).

В середине 50-х годов ветродвигателями были оборудованы 30% животноводческих ферм в Краснодарском крае, более 50% механизированных колодцев в Омской области. На водоснабжение ферм в России в 7 областях в 1958 г. работали 2352 установки. В большинстве случаев ветродвигатели окупали себя за 1–2 года эксплуатации [9].

Наиболее удачной оказалась конструкция двухлопастного ветроагрегата АВЭУ-6 (рисунок 3) с диаметром ветроколеса 6 м, разработанная под руководством к.т.н. Федотова В.Е. [10]. Главное достоинство этого ветроагрегата – надежность и устойчивость в работе, высокое качество центробежно-аэродинамического регулятора частоты вращения ветроколеса. Длительные испытания АВЭУ-6 на Мархотской испытательной базе (район г. Новороссийска) показали, что даже при скорости ветра 40 м/с частота тока генератора чётко ограничивается верхним пределом 52,5 Гц.



Рисунок 3 – Ветроэлектрический агрегат АВЭУ 6-4 на водопойном пункте

В г. Астрахань на заводе «Ветроэнергомаш» с 1979 г. было налажено серийное производство ветроагрегатов АВЭУ-6. Объем их годового производства в 80-е годы составлял 400-500 шт. Внедрение ветроустановок в регионах производилось с помощью персонала 12 опорных пунктов НПО «Ветроэн», организованных в большинстве республик СССР. НПО «Ветроэн» освоило также серийное производство зарядных ветроагрегатов мощностью 100÷250 Вт и водоподъёмных ветроагрегатов механического типа производительностью до 1 м³/ч.

В 1989 г. была подготовлена комплексная программа освоения нетрадиционных источников энергии. Программа предусматривала к 1995 г. ввод объектов нетрадиционной энергетики мощностью 1200 МВт и получение тепловой энергии 120 млн. ГДж [11].

Вследствие распада СССР указанная программа не была выполнена. В 1991–1993 гг. финансирование ОКР по возобновляемым источникам энергии было выделено ряду конверсионных предприятий, в том числе Рыбинскому заводу приборостроения, разработавшему и освоившему промышленный выпуск ветроэлектрических установок (ВЭУ) мощностью 160 Вт, 0,5 и 8 кВт. Заводы Санкт-Петербурга «Электроприбор» и «Азимут» организовали производство ВЭУ мощностью 100, 200 и 600 Вт. МКБ «Радуга» в течение ряда лет разрабатывало и изготавливало экспериментальные образцы ВЭУ мощностью 2, 8, 16, 25, 250 кВт и 1000 кВт в одном агрегате. К сожалению, высокая себестоимость изделий МКБ «Радуга» препятствовала реализации ВЭУ в сельском хозяйстве.

Провозглашённая в 1995 г. Минтопэнерго РФ новая энергетическая политика ориентирована (к нашему сожалению) на рост добычи нефти, газа и угля. На долю возобновляемых источников энергии за 10-летний период прогнозируется не более 1 % вырабатываемой энергии [12]. Программа не учитывает новых тенденций развития мировой энергетики с акцентом на всемерное использование возобновляемых источников энергии и резкое снижение потребления топливно-энергетических ресурсов, расходование которых в прежних и тем более в возрастающих объёмах опасно для будущего существования человечества. Известно, что уже в 1994 г. в Канаде, Австрии, Швеции, Швейцарии производство электроэнергии от возобновляемых источников уже превысило 25 %, а в Норвегии – 50 % от общего производства энергии и даже поставлена цель полного перевода энергетики ряда скандинавских стран на возобновляемые источники энергии, в состав которых причислены и гидроэлектрические станции.

Но в России новая энергетическая политика предусматривает неограниченное использование природного топлива на длительную перспективу без подстраховки топливной энергетики мероприятиями по развитию технологии использования возобновляемых источников энергии. Следствием такой энергетической политики также явилось резкое сокращение государственного финансирования развития возобновляемых источников энергии. В результате сложившихся условий прекратило своё существование головное предприятие по ветроэнергетике – НПО «Ветроэн».

Подобные ошибочные решения со стороны правительства России в конце концов будут осознаны аналитически и всё равно работы в области нормальной науки и практики по использованию экологически чистой энергии ветровых потоков будут продолжены.

Новые решения

Почти все старые решения не предусматривают никакой защиты ветроэлектроагрегатов от разбушевавшейся стихии, а сами ветроэлек-

К башне примыкают жилые массивы – лепестки 5, между которыми имеются на разной высоте перемычки – переходы 6.

Силовые горизонты (рис. 4-2) имеют несколько магистральных воздуховодов 7 с различной геометрией, в том числе и суженными посередине. Входы и выходы воздуховодов выполнены с заслонками 8, способными перекрывать сечение воздуховода частично или полностью. Свободные от воздуховодов пространства 9 центральной башни выполнены как производственные и/или общественные помещения разного профиля. Сообщение производственных и жилых помещений по высоте обеспечивается лифтами 10.

В конструкции нет никаких поворотных платформ для ориентирования турбин, использовано совмещение выброса ненужных газов в атмосферу через центральный вертикальный канал с получением электроэнергии, реализована возможность устранения зависимости от разного вида аккумуляторов мощности вращения, а также устранение повседневной зависимости от скоростей и направлений воздушного потока в приземном слое, где обычно располагаются все ветроустановки.

Высота центральной башни с центральным каналом может быть высотой вплоть до 1500 метров и выше. От башни отходят жилые массивы, подобно лепесткам ромашки. В поперечных сечениях основной башни выполнены, так называемые, силовые горизонты.

Жилые массивы-лепестки выполняют роль концентраторов воздушного потока с гораздо большей площади, чем это возможно на уровнях самой центральной башни. Концентрированные воздушные потоки направлены на силовые горизонты, в которых расположены турбины.

Каждый следующий силовой горизонт, расположенный на несколько метров (например, на 10-20 м) выше предыдущего, повернут вокруг вертикальной оси на несколько градусов и иначе ориентирован по сторонам света, что позволяет при определённом направлении ветра использовать более подходящий для этой цели силовой горизонт. Таким образом при разных направлениях ветра работают разные силовые горизонты. В одном и том же горизонте можно задействовать для работы турбин воздушные потоки в диаметрально противоположных направлениях.

При чрезмерных скоростях ветра соответствующий его направлению горизонт может быть перекрыт частично или полностью заслонками или же вообще заменён на другой горизонт, который хуже воспринимает данное направление движение воздуха, но обеспечивает более умеренные скорости его движения в воздуховодах.

Между силовыми горизонтами расположены жилые и служебные помещения, а также производственные помещения, в том числе теплицы, животноводческие сектора, склады, заводские цеха и т.п.

Жилые массивы («лепестки ромашки») выполняются единым массивом с противоположным «лепестком», формируя тем самым и часть центральной башни с силовыми горизонтами, и центральный вертикальный канал башни.

Для повышения устойчивости ВЭС против опрокидывания и уменьшения глубины её фундамента, башня имеет наземный «блин», представляющий из себя (в некоторых случаях) многоэтажный жилой массив и/или производственные помещения диаметром, например, до одного километра, частично или полностью выполненный железобетонным монолитом с башней. Блин представляет ячеистую монолитную структуру с размещением в них производственных, служебных и жилых помещений.

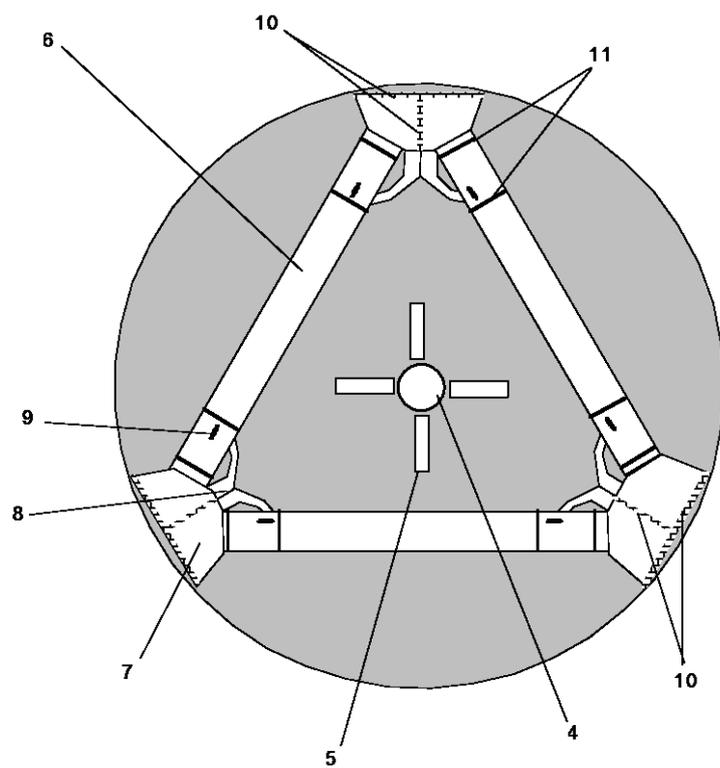
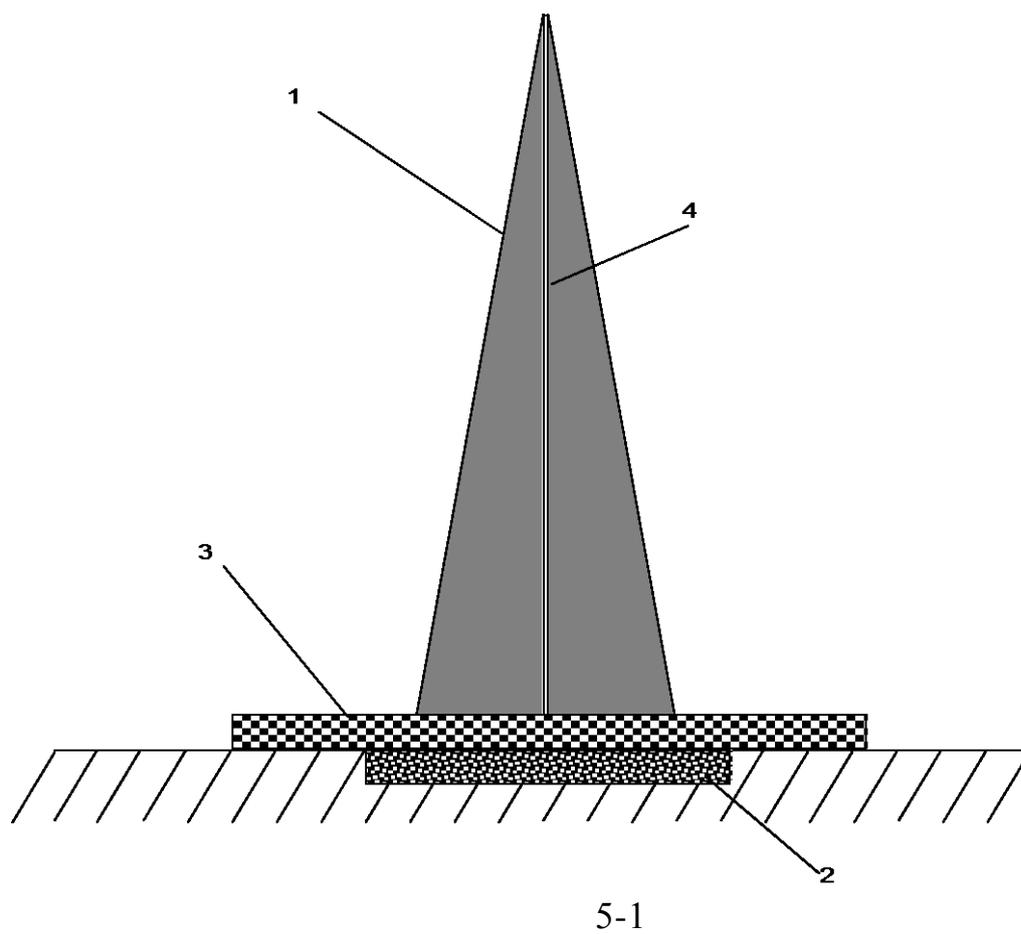
Решение вопроса относительно устойчивости башни позволит размещать её в зонах с вечной мерзлотой или зыбким грунтом, где создание крепкого фундамента является серьёзной проблемой, но освоение природных богатств диктует необходимость пребывания людей именно в этом месте. Обилие дешёвой электроэнергии может сделать пребывание людей (в неблагоприятных для проживания зонах) более комфортным и независимым от природных условий.

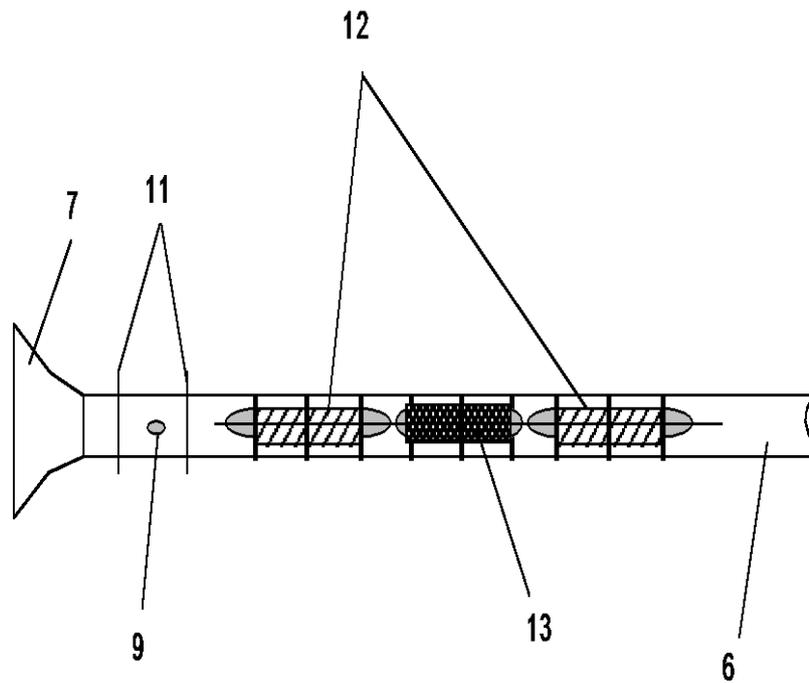
ВЭС не обязательно должна иметь жилые массивы - лепестки вокруг основной (центральной) башни. ВЭС может быть выполнена из основной башни с силовыми горизонтами и лепестками, например, из тонких, но прочных бетонных стен для концентрации воздушных потоков. Такая ВЭС может достигать высоты 300-500 и более метров.

Лепестки могут выполнять ряд дополнительных функций, например, нести на себе антенны теле-радиоаппаратуры, приборы видеонаблюдения, метеорологические приспособления, устройства для зондирования атмосферы, лазерные и другие устройства для передачи информации и воздействия на верхние слои атмосферы и т.п.

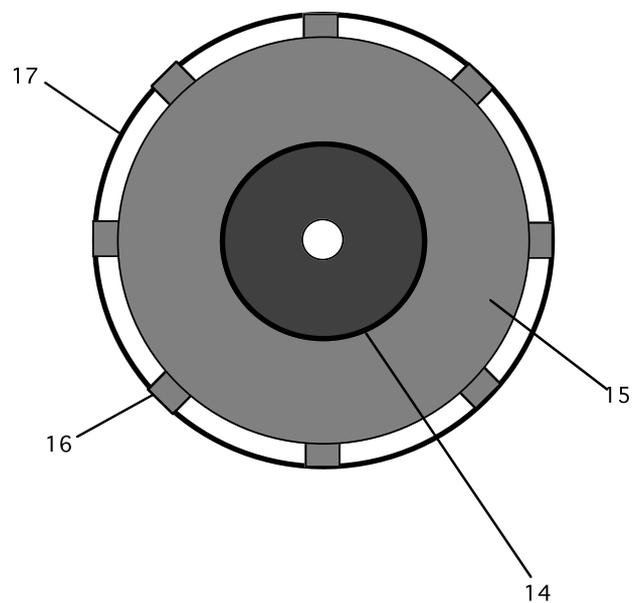
В некоторых (особых) случаях ВЭС может содержать элементы пусковых установок для метеорокетов и другой специальной аппаратуры.

Второй вариант ветроэлектростанции предусматривает использование большого количества солнечных элементов, как дополнительного источника электрической энергии. В таком варианте уровень шума от рабочих турбин может быть сведён к минимуму. На рисунке 5 показана общая схема такой ВЭС по второму варианту исполнения.





5-3



5-4

Рисунок 5 – Второй вариант высотной ветроэлектростанции с большой поверхностью солнечных элементов как добавочного источника электроэнергии

ВЭС по второму варианту также выполнена в виде высокой и основательной башни высотой до 1500 метров и выше и шириной у основания до 600 метров, с центральным каналом и поперечными силовыми горизонтами.

Каждый следующий силовой горизонт, расположенный на 15-20 метров выше предыдущего, повернут вокруг вертикальной оси (например, на 30-45 градусов) и иначе ориентирован по сторонам света, что позволяет при определённом направлении ветра использовать более подходящий для этой цели силовой горизонт. Мысленная линия, проведённая через центральные точки воронкообразных расширений силовых горизонтов, описывает на теле башни равномерную спираль.

Силовые горизонты в этом варианте представляют из себя три фигурных канала-воздуховода, выполненных по сторонам равностороннего треугольника и сообщающихся в вершинах треугольника.

Место сообщения каналов-воздуховодов имеет фигурную воронкообразную форму, выполненную с таким расчётом, что срединная часть воздуховода остаётся круглой в сечении и одинаковой по высоте до места перехода в другую фигурную воронкообразную часть воздуховода на противоположной вершине равностороннего треугольника. Срединная часть воздуховода является местом размещения турбин и генераторов электротока. Воздуховод, подводящий основной поток к турбине, может быть ребристым. Это оптимизирует воздушные потоки и заметно снижает уровень шума.

В начале и конце срединной части воздуховода с постоянным диаметром имеются входы от дополнительных воздуховодов из центральной части воронкообразного расширения. Входы от дополнительных воздуховодов ограничены двумя мощными передвижными заслонками, способными перекрывать поток воздуха частично или полностью и обеспечивать безопасную и спокойную работу персонала во время установки и ремонта турбин и генераторов.

Длина воздуховодов у основания ВЭС и на её более высоких уровнях неодинакова, и сами силовые горизонты имеют различную площадь, уменьшающуюся кверху башни. Центральный канал башни служит дополнительным устройством для выработки электроэнергии и может вмещать в себе функцию выброса производственных и бытовых газов в атмосферу. В нём допустимо любое расположение ветроколёс. Возможен также вариант и с подземным расположением турбин и генераторов электрического тока, расположенных в воздуховодах, например, внутри фундамента башни, выходящих в центральный канал на приземном уровне.

Для повышения устойчивости ВЭС против опрокидывания и уменьшения глубины её фундамента, башня имеет наземный «блин», представляющий из себя многоэтажный жилой массив диаметром до од-

ного километра, частично или полностью выполненный железобетонным монолитом с башней.

Решение вопроса относительно устойчивости башни позволит размещать её в зонах с вечной мерзлотой, где создание крепкого фундамента является очень серьёзной проблемой, но освоение природных богатств диктует необходимость пребывания людей именно в этом месте. Обилие дешёвой электроэнергии может сделать пребывание людей в неблагоприятных для проживания зонах более комфортным и независимым от природных условий.

Большие углы наклона сторон башни позволяют располагать там множество солнечных элементов, за которыми уход может значительно упрощаться. В летнее время освобождение от пыли можно производить простым орошением солнечных элементов, а зимой освобождение от снега можно осуществлять обдуванием элементов сжатым воздухом.

ВЭС по второму варианту поясняется рисунками 5-1, 5-2, 5-3 и 5-4. На рисунке 2-1 представлен общий вид ВЭС с фундаментом и жилым массивом в виде опорного блина у основания башни. На рисунке 2-2 показан силовой горизонт. На рисунке 2-3 представлена примерная схема размещения турбин и генератора электрического тока в одном из воздуховодов силового горизонта. На рисунке 2-4 приведён один из вариантов опорного блина с секторами жилых и производственных помещений.

Ветроэлектростанция (фиг. 5-1) состоит из башни 1, снабжённой реальным для данной местности и данного грунта фундаментом 2. Башня окружена опорным блином 3, выполненным монолитным с самой башней.

Силовые горизонты (фиг. 5-2) имеют центральный вертикально проходящий (сквозной) башенный канал 4, рядом с которым расположены помещения 5 для размещения ветроколёс, турбин, генераторов и ремонтного оборудования. Главные воздуховоды 6 расположены горизонтально, сообщаются в вершинах равностороннего треугольника и объединены общим воронкообразным расширением 7, имеющим центральную развилку 8 с двумя дополнительными воздуховодами, входящими в главные воздуховоды через врезы 9. Развилка выполнена таким образом, что позволяет распределять воздушные потоки или в оба главных воздуховода одновременно, или в какой-то один из них.

Воронкообразное расширение имеет мощные защитные решётки 10.

Главные воздуховоды в начале и конце имеют заслонки 11, выполненные с возможностью частичного или полного перекрытия потоков воздуха в центральную часть воздуховода в том числе и от развилки воронкообразного расширения.

Служебные помещения возле главных воздуховодов не показаны.

Один из вариантов расположения силовых агрегатов в главных воздуховодах представлен на рис. 5-3. В данном варианте высокоскоростные турбины 12 совмещены соосно с генератором электроэнергии 13.

Опорная конструкция (блин) у основания 14 башни (рис. 5-4) выполнена в виде прочной ячеистой структуры 15 с рабочими и другими служебными помещениями с искусственным освещением (не показаны), имеющей такие же прочные выступы 16, между которыми располагаются жилые помещения 17, допускающими возможность естественного освещения. Между выступами опорного блина имеются также воздуховоды (не показаны), соединяющиеся с центральным вертикальным каналом и защищённые прочными решётками.

Выработка электроэнергии производится, главным образом, на силовых горизонтах 6, а также в центральном канале 4 башни ВЭС. Центральный канал 4 башни работает вне зависимости от направления господствующих ветров с использованием вертикального движения воздуха в трубе, соединяющей различные горизонты с различными градиентами по давлению и температуре воздуха. Центральный канал совмещает в себе также функцию вытяжной трубы.

Воздуховоды 6, сообщающиеся в вершинах равностороннего треугольника и объединённые общим воронкообразным расширением 7, имеют, помимо двух основных входов главных воздуховодов, центральную развилку 8, из которой воздушные потоки могут направляться как в правый, так и в левый главные воздуховоды, или же в оба воздуховода одновременно через соответствующие врезы 9.

При перемене направления ветра начинает работать новый силовой горизонт. Начало и конец работы силовых горизонтов может происходить автоматически с переменной направления ветра или же регулироваться вручную, например, с помощью использования заслонок 11.

При появлении ветров ураганной силы главный воздуховод 6 силового горизонта, ориентированный на восприятие этого направления движения воздуха, частично перекрывается заслонками 11. Если же использование ориентированного на данное направление ветра главного воздуховода создаёт неудобства (мощные звуки, вибрация и т.п.) или же сопряжено с появлением опасных ситуаций (например, опасность поломки турбины), то он вообще наглухо перекрывается заслонками 11. Для выработки электроэнергии используют другой главный воздуховод, который менее ориентирован на данное направление движения воздуха, но работает с меньшими проблемами.

ВЭС высотой 1500 м даже с десятью силовыми горизонтами способна вырабатывать количество электроэнергии, достаточное для полного покрытия расходов города средней величины с населением в 15 000 человек, имеющем 10 тысяч кв. м. тепличных площадей и 5 тысяч кв. м. животноводческих помещений, которых достаточно для удовлетворения всех мыслимых потребностей людей в растительной и животной пище даже в районах с вечной мерзлотой. Кроме того часть тепличных площадей могут использоваться в качестве мест рекреации и отдыха для населения.

Описанная ВЭС может стать основой самодостаточного города в любых климатических условиях, обеспечивая все доступные блага цивилизованной жизни. Все отходы от жизни людей и их производственной деятельности могут успешно сжигаться в электрических дуговых или плазменно-кавитационных печах с максимальной степенью разложения веществ и минимальным воздействием их на окружающую среду. При этом, как показали испытания соответствующих установок, вырабатывается горючий газ, стерильная техническая вода и стерильное минеральное удобрение.

Кроме того, башня ВЭС может служить местом размещения датчиков и антенн любых коммуникационных служб и в первую очередь средств мобильной и спутниковой связи, метеорологического мониторинга и наблюдения за поверхностью земли.

Выводы

Преимущество высотной электростанции в том, что она может эффективно использовать постоянно дующие ветра на разных высотах, а также особенности этих ветров в соответствии с характеристиками местности.

В высотных электростанциях наряду с силовыми горизонтами, где размещены ветротурбины, имеются горизонты с производственными предприятиями любого необходимого профиля (коровники, свинарники, гидропонные теплицы для выработки зелёного корма, овощей, ягод и картофеля, птичники, крольчатники, производственные цеха по выделке шкур и пошиву товаров народного потребления, пищевые фабрики и многое другое).

Жилые помещения могут располагаться на горизонтах с наименьшим шумом от ветров и турбин, но с наибольшим жизненным комфортом. Для жилых помещений более подходят «лепестки» ветроэлектростанции.

Преимущества комплексных решений включают близость жилья к месту работы, снижение затрат на инфраструктуру (включая транспортные магистрали, водопровод и канализацию, компактные места проживания населения, энергомагистрали, трубопроводы отопления, линии кабельной связи, оптимизацию всех проблем логистики, близость производства полезной растительной продукции к потребителям и т.д.). Экономия средств на компактно расположенной инфраструктурной модели селитебной сети может быть очень существенной и является аргументом в пользу такого типа строений.

Высотные ветроэлектростанции могут быть выполнены с устранением тех многочисленных неприятных и опасных влияний на человека, животных и каналы коммуникации последствий, характерных для лопастных ветроустановок высокой мощности, упомянутых Х. Холтинером [15].

Литература

1. Нефедова Т. Хроника, причины и последствия горячего лета. – 2010 //Знание – сила. – Май, 2011. – С. 49-55.
2. Возобновляемая энергия. Ежеквартальный информационный бюллетень: «Ветроэнергетика, тенденции и технологии». – М.: ИНТЕРСОЛАРЦЕНТР, 2006, сентябрь.
3. Харитонов В.П. и др. Ветроэнергетические установки и их применение в сельском хозяйстве //ЦБНТИ Минводхоза СССР. – Серия 3. Обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение. – М., 1984. – Выпуск 2. – 56 с.
4. Возобновляемая энергия. Ежеквартальный информационный бюллетень: «Политические меры стимулирования развития ВИЭ». – М.: ИНТЕРСОЛАРЦЕНТР, 2004, июль.
5. Возобновляемая энергия. Ежеквартальный информационный бюллетень: «Мировой опыт и программы ВИЭ». – М.: ИНТЕРСОЛАРЦЕНТР, 1998. – №4.
6. Харитонов В.П. ОСНОВЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ. – М., 2009.
7. Жуковский Н.Е. Ветряная мельница НЕЖ //М.: Гостехиздат, 1950, т. VII, 333-352.
8. Секторов В.Р. Балаклавская опытная ветроэлектрическая станция //Электричество. – 1933. – №19.
9. Шефтер Я.И. Состояние ветроиспользования и перспективы его развития в сельском хозяйстве РСФСР //Сб. «Ветроэнергетика в сельском хозяйстве». – М.: ГОСНИТИ, 1960.
10. Федотов В.Е., Харитонов В.П. Унифицированная ветроэлектрическая установка //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1971. – №7.
11. Безруких П.П. Сегодня и завтра нетрадиционной энергетики в СССР //Энергетическое строительство. – 1991. – №3.
12. Новая энергетическая политика России. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 500 с.
13. Патент РФ № 2332585 F03D 11/00. Ветроэлектростанция – градообразующий фактор. Антуфьев И.А. //Бюл. 2008. – № 24.
14. Патент РФ № 2333384 F03D 11/00 (2006.01). Градообразующая ветроэлектростанция. Антуфьев И.А. //Бюл. 2008. – №25.
15. Holttinen, H, 2004. The impact of large scale wind power production on the Nordic electricity system. VTT Publications 554. Espoo, 2004. 82 p. + app. 111 p. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2004/P554>.

УДК 631.353.3

Юсупов Р.Х., д. т. н., профессор., **Воронин Е.А.**, д. т. н., профессор,
Московский государственный агроинженерный университет
имени В.П. Горячкина, г. Москва

Дементей В.П., Юсупов В.Р.
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана, г. Москва

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС С ДВУРУКОЙ МАНИПУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

Дается анализ системы управления и режимов работы робототехнического комплекса с двурукой манипуляционной системой. Кинематика манипулятора исследуется на основе специальной системы координат, позволяющей наипростейшим способом задавать положение и ориентацию звеньев. Представлена система управления электромеханическим манипулятором. Для обеспечения безопасности выполнения работ алгоритм управления должен учитывать положения манипуляторов и накладывать условия на их движения таким образом, чтобы избежать столкновения манипуляторов

В настоящее время робототехнические комплексы с механическими манипуляторами получили широкое распространение во многих отраслях промышленности и АПК при ликвидации последствий аварий, отягощенных химическим и радиационным загрязнением, сопряженных с рисками гибели и травматизма людей. Как правило, манипуляционная система робототехнического комплекса (РТК) состоит из одного манипулятора, способного выполнять ряд типов работ, таких как демонтажные работы, погрузочно-разгрузочные работы, а также работы со сменным технологическим оборудованием. При выполнении некоторых работ, например погрузочно-разгрузочных работ или работ со сменным технологическим оборудованием могут возникнуть ситуации, в которых применение манипуляционной системы, состоящей из одного манипулятора не эффективно. Такие ситуации могут возникнуть при необходимости перемещать крупногабаритные грузы или производить сборку/разборку составных объектов. Для выполнения работ в этих случаях может быть применен РТК, оснащенный двурукой манипуляционной системой, функционал которой гораздо шире (рисунок 1).

Также применение двурукой манипуляционной системы в ряде случаев может повышать производительность выполнения некоторых работ за счет применения двух манипуляторов для выполнения одинаковых операций, однако для повышения производительности при применении двурукой манипуляционной системы многие операции должны произво-

даться в автоматическом режиме, так как управление двумя манипуляторами очень сложно для оператора.

При выполнении операций, реализующих оба манипулятора, зоны работы манипуляторов пересекаются, поэтому, система управления манипуляторами должна обеспечивать их безопасную совместную работу.

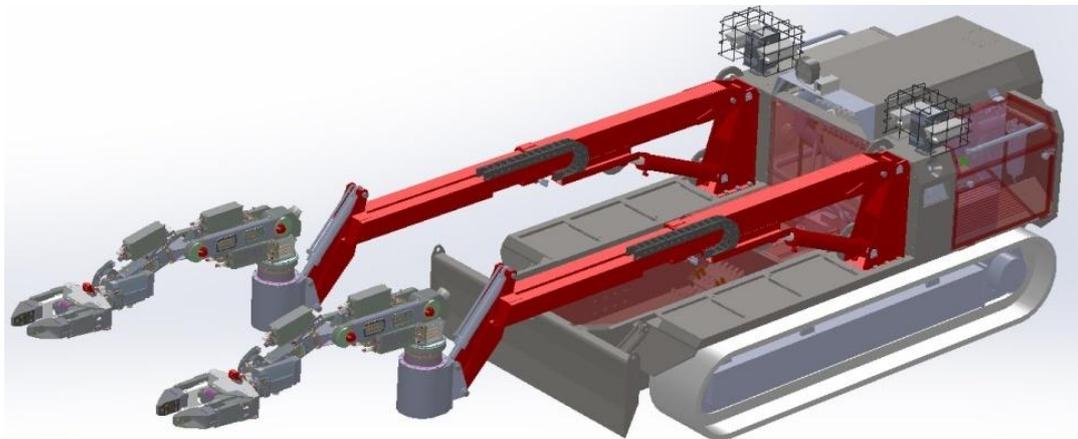


Рисунок 1 – Робототехнический комплекс с двумя электромеханическими манипуляторами, установленными на телескопические модули

Немаловажным также является уменьшение загруженности оператора телеметрической информацией при работе с двумя манипуляторами. В тоже время, для адекватного и оперативного управления, оператор должен получать всю необходимую информацию о состоянии манипуляторов и характеристиках объектов, над которыми выполняются технологические операции.

Для обеспечения безопасности выполнения работ алгоритм управления должен учитывать положения манипуляторов и накладывать условия на их движения таким образом, чтобы избежать столкновения манипуляторов.

Адекватное восприятие оператором процесса выполнения работ, на пульте управления должно обеспечиваться трехмерной моделью манипуляционных механизмов, чтобы оператор, управляя ими по видеокамерам, имел представления о положении механической системы.

При работе манипуляторов с одним объектом необходимо учитывать силы и моменты, прилагаемые манипуляторами к объекту, что может быть обеспечено как применением 6-компонентного силомоментного датчика, так и определением вектора сил и моментов, приложенных к схвату с использованием уравнений динамики манипулятора на основе величин сил, развиваемых приводами его звеньев.

Система управления разрабатываемого аппаратно программного комплекса в общем случае должна включать в себя следующие основные подсистемы:

- систему кинематического управления;

- систему динамического управления;
- систему управления исполнительного уровня;
- систему планирования траекторий.

Система кинематического управления предназначена для формирования управляющего сигнала для приводов сочленений манипуляторов. Система должна позволять управлять как двумя манипуляторами одновременно, так и каждым из них по отдельности в командном или полуавтоматическом режиме. Также немаловажным является учет взаимного положения манипуляторов при формировании управляющего сигнала для приводов сочленений для обеспечения безопасной совместной работы манипуляторов.

Система динамического управления предназначена для учета сил и моментов приложенных к звеньям манипулятором. Данная система должна позволять двурукой манипуляционной системе взаимодействовать с различными объектами.

Система управления исполнительного уровня предназначена для управления приводами сочленений манипуляторов в соответствии с управляющим сигналом, поступающим от систем кинематического и динамического управления.

Система планирования траекторий предназначена для расчета траекторий движения манипуляторов при выполнении операций в автоматическом режиме.

В настоящее время во многих крупных промышленных компаниях ведутся разработки двуруких манипуляционных систем предназначенных для автоматизации различных технологических процессов. Промышленные двурукие манипуляционные системы могут выполнять основные технологические операции, такие как: сварка, окраска, сборка, и вспомогательные технологические операции: загрузка-выгрузка технологического оборудования, транспортные и другие.

Анализ режимов работы двурукой манипуляционной системы

Разрабатываемая манипуляционная система должна осуществлять следующие типы операций:

- операции по перемещению крупногабаритных или нежестких объектов;
- операции по перемещению хрупких объектов;
- высокопроизводительный сбор твердых объектов в контейнер;
- сборка/разборка составных объектов;
- операции с применением инструментов, закрепляемых в конечном звене манипулятора.

Для выполнения всех выше перечисленных операций необходимо применять оба манипулятора двурукой манипуляционной системы, так как в одних случаях невозможно выполнить данные операций только

одним манипулятором, а в других необходимость применения двух манипуляторов обусловлена стремлением повысить производительность.

Так при выполнении *операции по перемещению крупногабаритных или нежестких объектов* может возникнуть необходимость захватить объект в двух точках, чтобы обеспечить его надежное закрепление и придать объекту необходимую конфигурацию. В тоже время при перемещении объекта с применением двух манипуляторов сами манипуляторы и объект образуют замкнутую силовую цепь, в которой определенные составляющие сил, приложенных к объекту со стороны манипуляторов, компенсируются и не оказывают влияние на движение объекта и манипуляторов. Тем не менее, эти силы обеспечивают закрепление объекта и должны лежать в определенных пределах, чтобы не повредить объект или механизмы манипуляционной системы и избежать выскользывания объекта. Последнее также характерно и для *операций с хрупкими объектами*, так эти операции невозможны без контроля сил, приложенных к объекту.

Процесс *сборки / разборки составных объектов* может содержать значительное количество операций, выполнение которых может быть достаточно трудоемким для оператора, к тому же траектория движения конечного звена, реализующая требуемую операцию, может быть сложной пространственной кривой, задание которой с помощью элементов управления окажется очень сложным. Таким образом, для уменьшения загруженности оператора, нужна возможность осуществления некоторых типов операций в автоматическом режиме, траектории движений конечных звеньев в этом случае должны задаваться программным путем. Для выполнения операций в автоматическом режиме необходимо знать положение объекта и его ориентацию, что может быть достигнуто распознаванием объекта на изображении, либо, если автоматическое распознавание невозможно, функция распознавания объекта возлагается на оператора, он сам должен определить тип объекта и придать манипулятору конфигурацию, соответствующую началу выполнения операции.

При выполнении *высокопроизводительного сбора твердых объектов* в работе должны участвовать оба манипулятора и оператор не может задавать траектории движения конечных звеньев манипуляторов одновременно. Сбор твердых объектов с применением двух манипуляторов можно осуществить, выполняя некоторые действия автоматически. Так подвод манипулятора к объекту и перемещение зафиксированного в схвате объекта в контейнер может выполняться в автоматическом режиме, что обуславливает необходимость решения ряда задач, связанных с планированием траекторий движения манипуляторов, а также с разработкой метода выбора объекта. Применение трехмерного изображения среды, в которой работает робот, позволяет оператору задавать точку в пространстве, в которую нужно вывести конечное звено манипулятора для захвата объекта. Также захват объекта может производиться в авто-

матическом режиме при распознавании его на трехмерном изображении.

При определении траекторий движения манипуляторов, по которым осуществляется автоматический подвод манипулятора к объекту или перемещение объекта в контейнер, необходимо учитывать возможные препятствия, такие как звенья другого манипулятора, либо другие объекты, находящиеся в рабочей зоне манипулятора.

Все выше перечисленные типы операций предусматривают управление манипулятором по скорости или положению, поэтому в системе управления двурукой манипуляционной системой должны присутствовать датчик относительных скоростей и положений звеньев. Относительные скорости звеньев с вращательными кинематическими парами могут быть получены с помощью энкодеров, которые устанавливаются на валы электродвигателей приводов звеньев, а в качестве датчиков относительных положений могут быть использованы потенциометрические датчики или абсолютные энкодеры устанавливаемые на оси кинематической пары. Также для выполнения операций, предполагающих контроль усилий, необходимо применение шестикомпонентных сило-моментных датчиков, устанавливаемых перед конечными звеньями манипуляторов.

В системе управления двурукой манипуляционной системой предполагается осуществить командный и полуавтоматический режимы управления.

Командный режим управления является наиболее универсальным и позволяет решать широкий круг задач, однако связан с большой загруженностью оператора, так как в командном режиме оператор должен сам задавать траектории движения каждого звена манипулятора. В командном режиме оператор должен с помощью пульта управления выбрать одно из звеньев двурукой манипуляционной системы и задать скорость его движения.

В полуавтоматическом режиме оператор задает только траекторию движения схвата, не заботясь о движении приводов манипулятора. Полуавтоматический режим также может быть использован при управлении манипулятором для решения большинства задач, которые могут возникнуть при использовании МРК, и в тоже время позволяет существенно снизить загруженность оператора. Предполагается использовать этот режим как для управления двумя манипуляторами одновременно, так и для управления каждым из них по отдельности. В первом случае оба манипулятора участвуют в работе с одним объектом, и оператор с помощью пульта управления должен задать скорость и направление движения объекта, система управления при этом должна рассчитывать скорости движения все звеньев двурукой манипуляционной системы. Во избежание повреждения объекта или механизмов двурукой манипуляционной системы при работе с объектом двумя манипуляторами, система динамического управления должна контролировать силы и моменты, приложенные к конечным звеньям двурукой манипуляционной системы.

Система кинематического управления.

Предполагается, что траектории движения звеньев манипуляторов задаются оператором в процессе выполнения операции. Расчет движения звеньев манипулятора может быть осуществлен на основе анализа кинематики манипулятора.

Для проведения анализа кинематики манипулятора необходимо ввести специальную систему координат, позволяющую задавать положение и ориентацию звеньев. Такая система координат может быть построена с использованием метода построения систем координат, предложенного Дж. Денавитом и Р. Хартенбергом. В соответствии с данным методом с каждым звеном манипулятора связывается подвижная система координат, а также вводится базовая система координат (рисунок 2). Оси Z совпадают с осями шарниров, соединяющих текущее звено с последующим. Ось X направляется вдоль общей нормали к осям Z текущего и предыдущего звеньев.

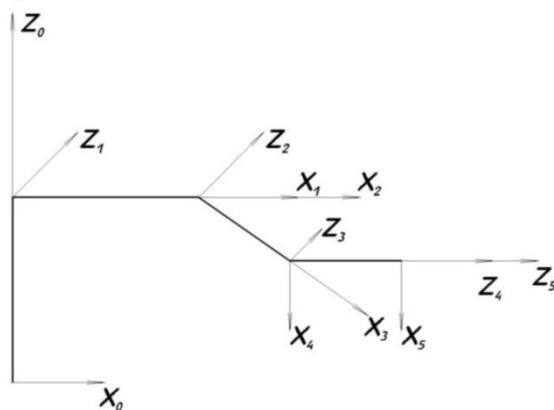


Рисунок 2 – Система координат Денавита-Хартенберга

Обобщенными координатами манипулятора являются углы q_i между осями X_{i-1} и X_i . Координаты схвата s_i определяются векторной функцией:

$$s = f(q) \quad (1)$$

Вид этой функции определяется кинематическими параметрами манипулятора: количеством звеньев, видом кинематических пар, геометрическими размерами звеньев.

Расчет обобщенных скоростей \dot{q}_i на основе линейных и угловых скоростей схвата \dot{s}_i может быть осуществлен решением обратной задачи о скорости.

$$\dot{q} = J^{-1}(q) \cdot \dot{s} \quad (2)$$

где $\dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \\ \dot{q}_4 \\ \dot{q}_5 \end{bmatrix}$, $\dot{s} = \begin{bmatrix} \dot{s}_1 \\ \dot{s}_2 \\ \dot{s}_3 \\ \dot{s}_4 \\ \dot{s}_5 \end{bmatrix}$, $J^{-1}(q)$ – обратная матрица Якоби.

Компонентами матрицы Якоби являются числа $J_{i,j} = \frac{\partial f_i}{\partial q_j}$.

В качестве алгоритма расчета необходимых скоростей в сочленениях по командному вектору линейных и угловых скоростей схвата предполагается использовать линеаризованный алгоритм управления по положению, так как он позволит избежать накопления ошибки и увода манипулятора. Данный алгоритм предполагает, что отклонение от заданного положения и ориентации конечного звена не велико, поэтому необходимо с высокой частотой формировать вектор заданного положения и ориентации схвата и передавать в систему управления.

На рисунке 3 представлена структурная схема системы управления электромеханическим манипулятором.

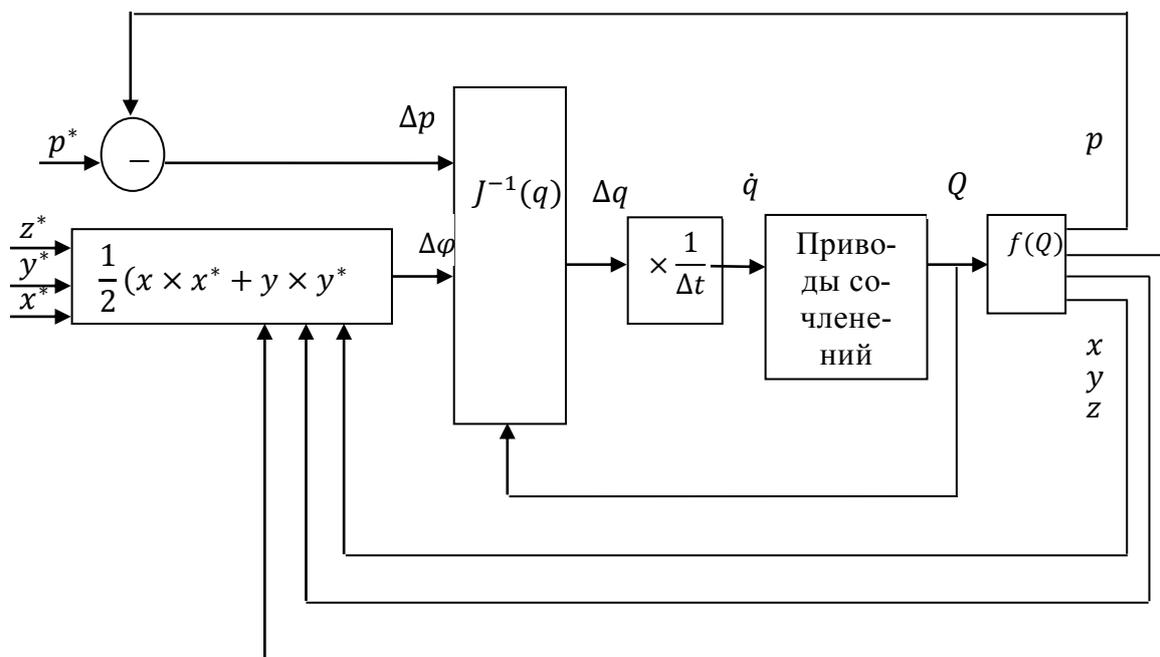


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления электромеханическим манипулятором

В системе управление сначала вычисляется вектор отклонения от заданного положения Δp и ориентации $\Delta \varphi$. Для совмещения текущего и заданного положения схвата необходимо переместить схват на вектор Δp , затем повернуть его вокруг оси параллельной вектору $\Delta \varphi$ на угол равный его модулю.

Δp – вектор, характеризующий несовпадение заданного и текущего положения характерной точки конечного звена; Δf – вектор, характери-

зующий несовпадение заданной ориентации конечного звена и текущей; \dot{q} – вектор обобщенных скоростей манипулятора. В данном случае обобщенными скоростями являются угловые скорости в сочленениях; Δq – вектор, характеризующий несовпадения требуемого и текущего положения манипулятора в пространстве обобщенных координатах; Q – вектор обобщенных координат, полученный на основе датчиков взаимного положения звеньев; $f(Q)$ – функция, определяющая взаимосвязь обобщенных координат манипулятора и координат конечного звена

$$\Delta\varphi = \frac{1}{2}(x \times x^* + y \times y^* + z \times z^*)$$

где x, y, z – орты системы координат связанной со схватом, заданные в базовой системе координат, для текущего положения схвата; x^*, y^*, z^* – орты системы координат связанной со схватом, заданные в базовой системе координат, для требуемого положения схвата.

После того как вектора Δp и $\Delta\varphi$ рассчитаны, они объединяются в вектор $\begin{bmatrix} \Delta p \\ \Delta\varphi \end{bmatrix}$, и этот вектор умножается на обратную матрицу Якоби $J^{-1}(q)$ и таким образом вычисляется вектор Δq отклонения положения манипулятора в пространстве обобщенных координат. Компоненты этого вектора, а также время, которое отводится для устранения отклонения положения манипулятора, позволяют определить требуемую обобщенную скорость в каждом сочленении манипулятора. Вектор \dot{q} обобщенных скоростей является командным для системы управления исполнительного уровня. На основе датчиков положения в звеньях манипулятора формируется вектор обобщенных координат Q , который используется для формирования матрицы Якоби, а также для определения текущего положения и ориентации схвата с использованием функции $f(Q)$.

Для обеспечения безопасности выполнения работ алгоритм управления должен учитывать положения манипуляторов и накладывать условия на их движения таким образом, чтобы избежать столкновения манипуляторов.

Предлагается описать вокруг каждого звена двурукой манипуляционной системы воображаемую цилиндрическую поверхность с осью, совпадающей с осью звена, и при формировании командного вектора относительных скоростей звеньев не допускать пересечения поверхностей, описанных вокруг звеньев одного манипулятора, с поверхностями, описанными вокруг звеньев другого, а также с поверхностями моделей любых других объектов или областей. Поиск пересечения поверхностей следует проводить для каждой поверхности, описанной вокруг звена одного манипулятора, с каждой поверхностью, описанной вокруг звена другого манипулятора, а также с любыми другими заданными поверхностями (рисунок 4).

Если обнаруживается пересечение поверхностей, для предотвращения дальнейшего сближения звеньев, нужно ввести соответствующие поправки в командный вектор обобщенных скоростей. Предлагается применять к командному вектору обобщенных скоростей линейный оператор, приводящий в ноль составляющие скоростей точек поверхностей, лежащих в области пересечения, в направлении дальнейшего сближения звеньев. Для цилиндрических поверхностей направление сближения параллельно векторному произведению направляющих осей цилиндров; пересечение поверхностей будет происходить, если расстояние между осями цилиндров меньше суммы их радиусов.

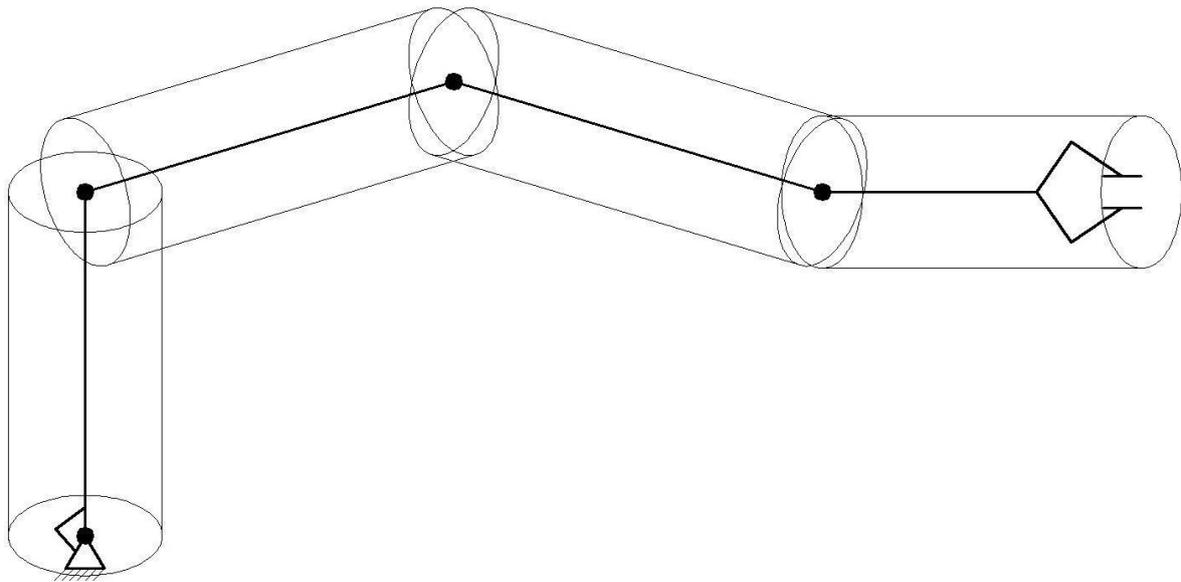


Рисунок 4 – Кинематическая схема манипулятора с цилиндрическими поверхностями, описанными вокруг звеньев

Линейный оператор, приводящий в ноль составляющие скоростей точек поверхностей, лежащих в области пересечения, в направлении дальнейшего сближения звеньев – это оператор, проектирующий вектор скоростей точек из области пересечения поверхностей на плоскость γ перпендикулярную направлению движения звеньев (рисунок 5).

Линейный оператор P в системе координат O_cXYZ , связанной с точкой пересечения поверхностей выглядит следующим образом.

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Для определения матрицы линейного оператора в пространстве обобщенных скоростей P_q применяется следующая зависимость:

$$P_q = J_{o_c}^{-1} \cdot P \cdot J_{o_c} \quad (4)$$

где J_{o_c} – матрица Якоби, связывающая векторы в пространстве обобщенных скоростей, с векторами в пространстве координат точки пересечения поверхностей.

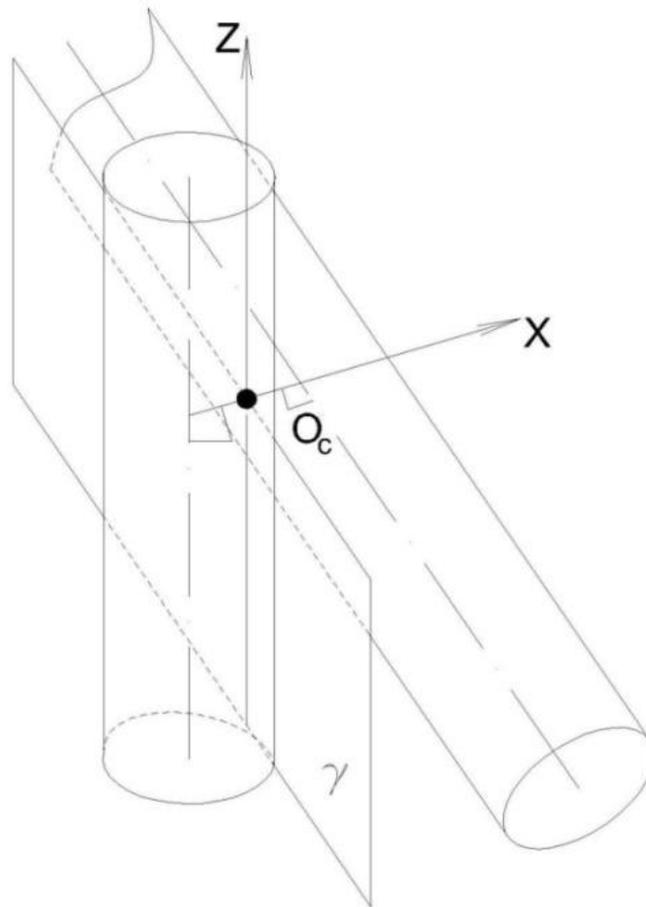


Рисунок 5 – Система координат O_cXYZ , связанная с точкой пересечения поверхностей, описанных вокруг звеньев

Так как манипулятор имеет пять степеней свободы, для обеспечения согласованности между матрицами J_{o_c} и P , из матрицы Якоби J_{o_c} следует удалить одну строку, являющуюся линейной комбинацией других, и соответствующую строку и столбец нужно удалить из матрицы линейного оператора P .

Таким образом, командный вектор обобщенных скоростей, в случае опасного сближения звеньев манипуляторов:

$$\dot{q} = P_q \cdot J^{-1}(q) \cdot \dot{s}. \quad (5)$$

Выводы

1. Система управления разрабатываемого аппаратно-программного комплекса в общем случае должен включать в себя следующие основные подсистемы:

- систему кинематического управления;
- систему динамического управления;
- систему управления исполнительного уровня;
- систему планирования траекторий.

2. Для проведения анализа кинематики манипулятора необходимо ввести специальную систему координат, позволяющую задавать положение и ориентацию звеньев. Такая система координат может быть построена с использованием метода построения систем координат, предложенного Дж. Денавитом и Р. Хартенбергом.

3. Для обеспечения безопасности выполнения работ алгоритм управления должен учитывать положения манипуляторов и накладывать условия на их движения таким образом, чтобы избежать столкновения манипуляторов.

Литература

1. Глазков В.П. Математические модели и эффективные методы решения задач кинематики манипуляторов /В. П. Глазков. – Саратов: Саратов.гос.техн.ун-т, 2005. – 162 с.

2. Глазков В. П. Математические модели и эффективные методы решения задач кинематики, динамики и управления роботами //Автореферат дисс..на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Саратов, 2006 г. – 21.с.

3. Юсупов Р.Х. Система управления универсального роботизированного базового транспортного модуля/Р.Х. Юсупов, В.П. Дементей, В.Р. Юсупов //Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. –№2(53). – 2012. – С. 11-16.

УДК 65.01.005

*Тайбасаров Ж.К., д.т.н., Жакишев Б.А. к.т.н.
АГТУ им. С.Сейфуллина, г. Астана*

*Козак А.И., к.т.н.
Аккольский филиал КазНИИМЭСХ*

ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНСАЛТИНГ - ОСНОВА УСПЕШНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Рассмотрены роль и значение инженерного консалтинга в развитии и совершенствовании производства в современных условиях

На современном этапе в индустриальном плане, темпы развития производственного сектора настолько стремительны, что за жизненный цикл передовые технологии и изделия едва успевают себя окупить. На такой оборот событий прямо или косвенно влияет рыночная экономика, основой которой является конкуренция на принципе равных прав, а формирование ценообразования определяет рыночная реальность. При этом, главным аргументом в пользу производителей является быстрота выполнения заказа или удовлетворение ориентированного спроса, выраженное тенденцией нужд общества и технического прогресса в совокупности с качеством производимой продукции.

Долгосрочный успех компаниям, на сегодняшний день, обеспечивают эффективные процессы создания изделий и товаров, где основным стержнем успешности является не только качество конкретной продукции, но и самого бизнеса.

В нынешних условиях, когда рыночные реалии являются неким несущим стволем, с которого произрастают всевозможные оборотные средства, будь то финансовые, товарные, сырьевые и т.п., необходимо постоянно работать над снижением себестоимости продукции, при условии, что нельзя медлить и терять качество. Промедление грозит тем, что можно потерять важнейшего клиента и, само собой разумеется, потере возможных прибылей. В работе [1] говорится, что теперь руководителям предприятий приходится самостоятельно принимать подобные решения и изыскивать средства. Для одних – это новые возможности, для других – новые проблемы. Есть красноречивый девиз шведской корпорации *ATLAS COPCO*: «Когда начинают дуть ветры перемен, большинство людей возводят преграды, чтобы защититься от ветра, но находятся и те, которые строят ветряные мельницы».

Целью «Стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2003–2015 годы является "достижение устойчивого развития страны путем диверсификации отраслей экономики, способ-

ствующей отходу от сырьевой направленности, подготовка условий для перехода в долгосрочном плане к сервисно-технологической экономике". Предполагалось стимулирование науки и инновационной деятельности, ориентированное на создание целостной системы производств, создающих конкурентоспособную продукцию, последовательно развивая технологическую и экономическую цепочку добавленных стоимостей.

Однако достижение этих целей требует понимания современного состояния рынка, новых методов управления производством и множество других факторов, которые сложно оценить и внедрять в существующие технологии производства только внутренними ресурсами предприятия. Как известно, основным условием успешной индустриализации является рост производительности в производстве, обеспечение конкурентоспособности предприятия и его продукции.

Многие руководители предприятий пытаются самостоятельно изучать спрос, делать предварительный экспресс анализ состояния рынка своей продукции. Это им необходимо для того, чтобы иметь четкие представления о масштабах конкурентоспособности предприятия и в каком направлении лучше вести свой бизнес, как в вопросе выпускаемой продукции, так и в ее сбыте.

Сегодня очевидно то, что объемы импортируемой продукции ведущих иностранных производителей весьма велики, а специфика самих фирм технологически настроена на такой гибкой системе, которая ментально может реагировать на малейшие изменения рынка сбыта. В преддверье вступления Казахстана во Всемирную торговую организацию (ВТО) необходимо четко понимать смогут ли наши производители устоять перед натиском мощных организованных технологических гигантов. Действия, предпринимаемые государством в целом, надо считать как неизбежный и необратимый процесс, и только в таких условиях можно взрастить полноценный конкурентный казахстанский бизнес и от этого процесса нельзя отгородиться, скрыться, или спрятаться. В складывающейся ситуации возрастает роль промежуточного звена, выполняемого функции сцепления между производителем и рыночными реалиями.

Одним из путей роста производительности и конкурентоспособности для производителей и бизнес - структур является комплексная система модернизации технологического процесса всего производства. Как показывает опыт мирового сообщества и России, роль исполнителя принимаемых жизненно важных решений руководством предприятий в части модернизации технологического процесса от проекта до ее реализации, отводится инженерным консалтинговым компаниям.

«Инженерный консалтинг – новая область деятельности, обеспечивающая при техническом перевооружении производства, переходе на новые технологии гарантированное достижение высоких результатов в отношении качества изделий, затрат на их производство и сроков вывода новых изделий на рынок» (А.Г. Аганбегян).

В современном быстроменяющемся мире, когда передовые технологические изделия переживают свой жизненный цикл гораздо раньше чем хотелось, необходима незаурядная сноровка самих производителей в построении своих производственных технологических линии таким образом, чтобы имелся достаточный запас и гибкость, позволяющие с наименьшими затратами перевести работу в нужное направление. Такое понятие получило название «Умное производство».

В работе [2] сказано, что внедрение новых технологий при создании «умного производства» на предприятии должно основываться на создании поддерживающих их новых бизнес-процессов. Эти процессы, в свою очередь, должны быть устойчиво освоены персоналом. Только при таком подходе можно всерьез говорить о выполнимости производственных планов сегодня и достижимости амбициозных целей в сложном рыночном будущем. Только при таких условиях на смену архаичной сдельной оплаты труда придет действенная система мотивации персонала. Без новой процессной базы дорогостоящие новые технологии, скорее всего, тихо «утонут» в крепко сложившихся «дырочных» производственных отношениях, не обремененных задачами эффективности и конкурентоспособности. Вместо ожидаемого чуда от модернизации могут получиться напрасные затраты.

Итак, «Умное производство» это:

1) динамический процесс постоянного отслеживания себя и рынка, с тем чтобы не упустить момент, когда нужно переходить к новым технологиям, новому оборудованию и т.д.;

2) саморазвивающееся и самосовершенствующееся производство, которое включает адаптивную систему управления с саморегулированием и систему обратной связи в увязке с современной финансово-экономической и маркетинговой системами;

3) управляемый по рискам и затратам переход от старого или устаревающего производства к новому, и это должно ставиться во главу угла.

В то же время производители в большинстве своем не в состоянии своими силами осуществлять постоянный мониторинг состояния дел рынка и определять возможные изменения спроса на перспективу. Это объясняется тем, что у них и так много своих внутренних текущих дел, а инженерный и рабочий персонал предприятия, как правило, имеет узконаправленный объем навыков и знаний.

Инженерный консалтинг как раз является тем промежуточным звеном, имеющий в своем арсенале команду профессионалов, знающие современное состояние маркетингового сектора и экономики в целом. Умеющие проектировать технологический процесс и конструировать новые изделия на программном языке компьютерных технологии, охватывающий широкий спектр отраслей хозяйствования. Задача инженерного консалтинга заключается в создании среды, предполагающая разработку инструментария для грамотного, комплексного и эффективного технического перевооружения, гарантирующая конкурентоспособность того или иного производства.

При этом нужно четко различать «Инженерный консалтинг» и «Инжиниринг». И так, *инжиниринг* предоставляет организации возможность внедрить конкретное новшество, *инженерный консалтинг* передает менеджменту инструменты самостоятельного решения задач инновационного развития, методику самостоятельного внедрения новых технологий и других инноваций.

Кроме того, необходимо отметить и то, что «инженерный консалтинг» выгодно отличается еще и от всевозможных бизнес-школ тем, что подготовка менеджмента в школах оторвана от повседневной производственной текучки. Полученные в бизнес-школах знания менеджер, возвратившийся после окончания обучения к своим повседневным обязанностям, как правило, не может применить. Инженерный консалтинг проводит обучение менеджмента в производственной обстановке, что позволяет повседневно применять приобретенные знания к решению конкретных задач. Накопив необходимый багаж знаний, менеджмент приобретает способность самостоятельно применять его для решения новых задач, возникающих в процессе инновационного развития организации [3].

Резюмируя отмечаем, что имеющийся опыт передовых стран показывает, что помимо передовых технических средств и готовых изделий очень важно адаптировать саму систему как «Умное производство», которая нацелена на мгновенное реагирование малейших изменений рыночных реалий, причем это должно происходить в автоматическом режиме, где главным индикатором стремления не опоздать и не отстать должно быть желанием всего коллектива. Такому пониманию дел может привести только выработанный «рефлекс» самого предприятия, который сможет самостоятельно принимать правильные и выверенные решения, с минимальными рисками и максимальным прогнозом на перспективу. Инженерный консалтинг отвечает таким вызовам современности и дает возможность обучаться передовым веяниям непосредственно в условия производства, всем категориям штатных работников, что способствует дальнейшему саморазвитию и самосовершенствованию предприятия.

Литература

1. Р.А. Бирбраер, И.Г. Альтшулер. Основы инженерного консалтинга //Технология, экономика, организация. – 3-е из. – М.: Дело», 2011.
2. Р.А. Бирбраер, С. Пронин. Нормирование производственных процессов при внедрении новых технологии. (Методология и инструментарий) //Умное производство. – 2013. – №1.
3. Инженерный консалтинг: понятие, сущность, значение, виды, использование в России. worldofeconomy.ru/index.php... Интернет ресурс. Раздел: Экономические статьи.

*Абдикаиров А., к.т.н., Шаукентаев Ж., к.т.н.
КазНИИМЭСХ, г. Алматы*

К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО ПАСТБИЩНОМУ ВОДОСНАБЖЕНИЮ

Представлены разработанные и внедренные в сельскохозяйственное производство технические средства по пастбищному водоснабжению

Полупустынные и пустынные зоны республики бедны открытыми водоисточниками. Поэтому для водоснабжения людей и животных используются подземные воды из шахтных и трубчатых колодцев.

С 1965 года в течение 20 лет деятельность лаборатории механизации пастбищного водоснабжения под руководством кандидата технических наук Каплана Р. М. и его соратниками и учениками – В.Е. Андриановым, А. А. Яковлевым А.Н. Мареевым, Е.Б. Нестеровым, А.В. Хан, И. Каскарауовым, М.Ж. Сакеновым и другими была направлена на решение важнейших для Казахстана проблем механизации процессов в овцеводстве и пастбищном водоснабжении.

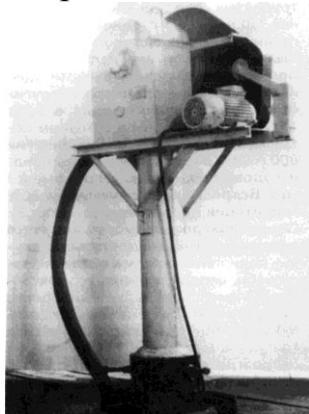
Разработаны теоретико-методические основы использования энергии ветра для механизации подъема воды из колодцев, предложены научно-методические основы функционирования систем «*водоподъемные машины – шахтные и трубчатые колодцы*», что обеспечило разработку эффективных средств механизации водоподъема разных типов. В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований даны научные основы протекающих в них процессов, обоснованы основные параметры и разработаны по ним опытные образцы, которые внедрены в сельскохозяйственное производство.

На этой основе лаборатория механизации пастбищного водоснабжения совместно с рядом других организаций: ГСКБ, заводами, хозяйствами, Министерством сельского хозяйства Казахской ССР и Минживмаш СССР созданы и поставлены на серийное производство следующие машины:

- 1 Ленточные водоподъемники ВЛМ-63, ВЛС-650
- 2 Передвижные водоподъемные установки ЭПВ-УАЗ, ППВ-УАЗ
- 3 Воздушный водоподъемник ВВЛ-3-50
- 4 Ветроводоподъемники ВВ-3Т и ВВ-5Т
- 5 Очиститель шахтных колодцев ОШК-30А
- 6 Агрегат ремонтный скважинный АРС-300 и другие.

Водоподъемник малогабаритный ленточный ВМЛ-63

Предназначен для подъема воды из шахтных и трубчатых колодцев диаметром 150 мм и более. Рекомендуется для водообеспечения фермерских хозяйств и других объектов сельскохозяйственного водоснабжения с потребностью в воде до 20 м³ в сутки.



Водоподъемник состоит из открытой замкнутой водо-подъемной ленты, водоприемника с ведущим барабанным шкивом и поджимным роликом, натяжного блокшкива с противоскручивающимся устройством, приводного двигателя внутреннего сгорания с пусковой муфтой или электродвигателя с пусковой аппаратурой. Водоподъемник универсален в использовании, прост в монтаже и демонтаже, не требует для водонесущей ленты водоподъемных труб или металлических направляющих, снижает металлоемкость в 2,4...3 раза и эксплуатационные затраты в 1,3-1,6 раза.

Техническая характеристика

Тип	стационарный ленточный
Подача при высоте водоподъема 15 м, м ³ /ч	3,6
Потребляемая мощность, кВт	до 1,2...1,5
Скорость рабочей ленты, м/с	5...7
Привод водоподъемной части	от двигателя внутреннего сгорания мощностью 1,5 кВт или электродвигателя мощностью 1,5 кВт
Рабочий орган	плоский прорезиненный ремень сечением 63х6 мм
Диаметральный габарит насосной части, мм	140
Масса водоподъемника, кг	170...200
Габариты наземной части, мм	1600х1100х350
Срок службы, лет	не менее 6



Ленточный водоподъемник ВЛМ-С (ВЛС-50)

Предназначен для водоподъема из скважин с малым столбом воды на высоту 50 м, производительность – 5 м³/ч. Выпущен на заводе Манкентживмаш в количестве 1000 штук. Годовой экономический эффект — 0.35 тыс. руб. на единицу.



Передвижная водоподъемная установка ЭПВ-УАЗ

Передвижная водоподъемная установка ЭПВ-УАЗ на базе автомобиля УАЗ-452Д предназначена для водоснабжения животных и людей. В составе установки имеется генератор, обеспечивающий освещение чабанской бригады в вечернее время.

Техническая характеристика

Насос	погружной центробежный, с подачей электроэнергии от электрогенератора СГР-4,5.
Производительность насоса, м ³ /час	10-12
Максимальный напор, м	30
Число обслуживаемых пунктов за семичасовой рабочий день	до 10
Объем воды, поднятой за смену, м ³	до 50
Обслуживает	водитель
Стоимость одного кубометра поднятой воды	0,25 руб.

*Передвижная водоподъемная установка ППВ-УАЗ*

Передвижная водоподъемная установка ППВ-УАЗ на базе автомобиля УАЗ-452Д предназначена для водоснабжения животных и осветления воды в колодцах.

Техническая характеристика

Насос пневматический, вытеснения, двухкамерный ПН-2К	двухкамерный ПН-2К
Производительность насоса, м ³ /час	до 12
Максимальный напор, м	до 30
Число обслуживаемых пунктов	до 10
Объем воды, поднятой за 7 часов, м ³	до 50
Обслуживает	водитель
Стоимость одного кубометра поднятой воды	0,25 руб.

Авторский приоритет по работе, зарегистрированной - № 31512 от 20/УШ-1962 г. Авторы: Каплан Р.М., Андрианов В.Е.

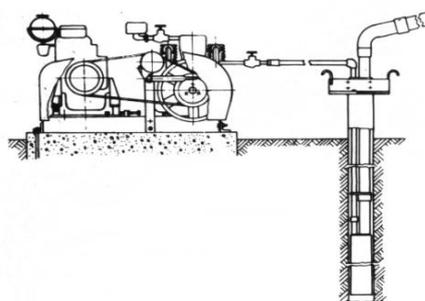
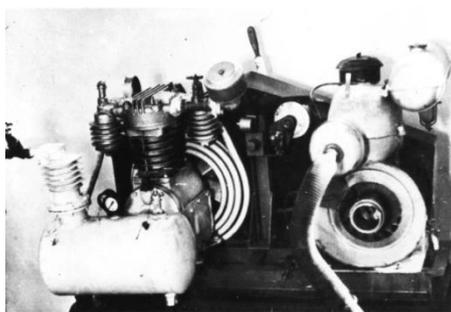
Воздушный водоподъемник ВВЛ-3-50

Предназначен для подъема воды из скважин с внутренним диаметром 100 мм и более на высоту до 55 м при погружении рабочего органа (форсунки-смесителя) на глубину 100 м.

Рекомендуется для применения во всех зонах отгонного животноводства с динамическим столбом воды в скважине, равным высоте водоподъема.

Техническая характеристика

Тип водоподъемника	стационарный, воздушный
Рабочий орган	форсунка-смеситель
Источник сжатого воздуха	головка компрессора ГСВ-0,6/12
Привод компрессора	двигатель ЗИД-4,5
Высота водоподъема, м	до 55
Подача, дм ³ /с	0,84
Обслуживающий персонал, чел.	1



Разработчики: НПО "Казсельхозмеханизация", ГСКБ овцемаш

Изготовитель: Аркалыкский РМЗ, «Госкомсельхозтехника» КазССР.

С 1979 по 1930 гг. выпущено 502 шт., в 1981 г.-700 шт., в 1982 г.-700 шт., в 1983 г.-700 шт., в 1984 г. 700 шт., в 1985 г.-700 шт.



Ветроводоподъемники ВВ-3Т и ВВ-5Т

Ветроводоподъемники ВВ-5Т и ВВ-3Т предназначены для подъема воды из трубчатых и шахтных колодцев и автономного водоснабжения фермерских хозяйств, дачных участков и других отдельных объектов АПК с использованием энергии ветра.

Производительность ветроводоподъемника ВВ-5Т достаточна для ежедневного обеспечения потребности в воде одной фермерской семьи и 2000 голов МРС или 400 голов КРС.

Ветроводоподъемники ВВ-5Т и ВВ-3Т внедрены в Карагандинской, Акмолинской, Жамбылской, Алматинской, Атырауской областях и в г. Алматы (12 ед.)

Техническая характеристика

	ВВ-3Т	ВВ-5Т
Рабочая скорость ветра, м/с	2,0...12,0	2,0...12,0
Высота подъема воды, м	до 20	до 20
Часовая производительность при подъеме воды с глубины 10 м и скорости ветра 8 м/с, м ³ /ч	2,0...2,5	3,3...4,0
Среднесуточная производительность при подъеме воды с глубины 10 м и среднегодовой скорости ветра 3,5-5 м/с, м ³ /сут	до 12	до 20
Защита от ураганных ветров	автоматическая	автоматическая
Диаметр ветроколеса, м	3,0	5,0
Высота мачты, м	6,0	6,0
Работа установки	сезонная (весенне-осенний период)	

Конструкции ВВ-5Т и ВВ-3Т защищены патентом РК №21342 и инновационным патентом РК №25487. На ветроводоподъемник ВВ-5Т имеется сертификат соответствия КСС №0028066



Очиститель шахтных колодцев ОШК-30А

Очистка шахтных колодцев от донных наносов, камней, предметов деятельности человека, откачка загрязнённой воды, ремонт и дезинфекция шахтного колодца (авторское свидетельство № 237727)

Техническая характеристика

Тип машины передвижной, на базе автомобиля ЗИЛ-131А	стационарный, воздушный
Глубина очистки и откачки, м	до 40
Рабочие органы:	грейфер механический, вибробадья с вибратором желонка-дезинфектор
Источник электроэнергии	синхронный электрогенератор ЕСС 5-62-4М101, привод генератора от коробки отбора мощности ЗИЛ-131А
Угол поворота платформы, градусов	до 300
Управление	дистанционное
Обслуживающий персонал, чел.	2
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:	
длина	7000
ширина	2470
высота	3700
Производительность: при удалении донных наносов, пм/ч	0,32...0,36
при откачке воды, м ³ /ч	3...8

Завод изготовитель - "Манкентживмаш". В 1983 году выпущено 30 шт. Годовой экономический эффект-7500 руб.

Агрегат ремонтный скважинный АРС-300



Предназначен для ремонта скважин по восстановлению их дебита, а также шахтных колодцев. Рекомендуется для сельскохозяйственного водоснабжения и других водохозяйственных объектов, имеющих скважины и шахтные колодцы.

Агрегат состоит из транспортного средства-автомобиля КамАЗ-4310 с прицепом, на шасси автомобиля крепится рама, на которой смонтированы: грузоподъемная установка, компрессор, лебедка, барабан для рукавов, барабан для кабель-троса, электрощит управления, гидросистема для привода стрелы и набор необходимого оборудования и приспособлений для ремонтных работ-сварочный трансформатор, ацетиленовый генератор, грейфер скважинный и грейфер для шахтных колодцев, газодинамическое устройство для очистки фильтров и др.

Агрегат обеспечивает выполнение следующих работ: удаление крупных предметов и донных наносов, очистку фильтров от кальматажа и откачку загрязненной воды до полного осветления.

Преимущества перед прототипом-выполняет весь комплекс ремонтных работ по восстановлению дебита как скважин, так и шахтных колодцев, снижает эксплуатационные затраты в 1,5 раза.

Техническая характеристика

Тип агрегата	передвижной, на шасси автомобиля КамАЗ и двусосном прицепе
Привод узлов и механизмов	электрический, от 3-х фазной электросети
Потребляемая мощность, кВт	до 32
Глубина ремонтируемых скважин, м	до 300
Грузоподъемность лебедки, т	3
Канатоемкость барабана лебедки, м	300
Вылет стрелы: м - вертикальный	12
- горизонтальный	3
Источник сжатого воздуха	компрессорная станция ПКС5,25
Автономная электростанция	дизельная марки АД60С
Тип насосной установки	эрлифтный
Производительность насосной установки, $\text{дм}^3/\text{с}$	до 3,5
Сварочный трансформатор	ТДМ-317У2
Устройство для очистки кальматажа фильтров газодинамическое	ГДУ-150
Обслуживающий персонал, чел	3
Срок службы, лет	не менее 10

Выводы

Из вышеизложенного видно, что в институте разработаны и внедрены в сельскохозяйственное производство проверенные и надежные в работе установки по пастбищному водоснабжению.

В связи с освоением пустынных и полупустынных земель республики приведенные в статье установки, по части обеспечения водой людей и животных, помогут развивать овцеводство и другие виды животноводства для получения высококачественной животноводческой продукции.

Литература

1. Р.М. Каплан. Специальный выпуск «Пастбищное водоснабжение». Казахское научно-производственное объединение механизации и электрификации сельского хозяйства. – Алма-Ата: Кайнар, 1981.
2. Машины и оборудование для фермеров. – Алматы, 1999.
3. В.Е. Андрианов. Обоснование основных технологических и конструктивных параметров передвижной водоподъемной установки. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Алма-Ата, 1966.

УДК 621.3

Кадилов К.Ш., м.н.с., Толипов Ж.Н., м.н.с.
*Институт энергетики и автоматики Академии наук
Республики Узбекистан, г.Ташкент*

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В АПК ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ТАРИФА

Приведены рекомендации по внедрению дифференцированного тарифа для учета и оплаты за электрическую энергию потребителей агропромышленного комплекса. Проанализированы возможности регулирования и сглаживания графика электропотребления технологического оборудования в АПК

Спрос на электрическую энергию в агропромышленном комплексе (АПК) характеризуется высокой суточной, недельной, сезонной и годовой цикличностью, ибо каждая энергосистема работает с различной нагрузкой на всем протяжении цикла энергопроизводства, которая обусловлена различным уровнем потребления электроэнергии. Особенностью потребления электроэнергии в часы максимальной нагрузки (пиковой нагрузки) является значительное превышение уровня средней нагрузки за соответствующий период. Поскольку установленная мощность энергосистемы должна быть достаточной для покрытия максимальной нагрузки и обеспечения требуемого резерва мощности в системе, постоянные затраты в значительной степени определяются величиной этой максимальной нагрузки.

Для решения этих проблем во многих странах применяют дифференцированные тарифы, что обеспечивает устойчивое уплотнение графика нагрузки [1, 2].

Во всем мире целью внедрения дифференцированных по времени тарифов является создание стимулов для потребителей электрической энергии смещать потребление электроэнергии на период минимальной нагрузки энергосистемы, т.е. в непиковые, главным образом, ночные часы. Таким образом, тарифы на электроэнергию играют важную роль в стимулировании потребителей использовать непиковые часы для электропотребления.

Важными показателями для расчета тарифных ставок являются: объем потребления электроэнергии, мощность присоединяемого оборудования, участие потребителя в максимальном использовании мощности энергосистемы, характер использования мощности во времени (базовая, пиковая, число часов использования, непрерывное или дискретное производство у потребителя и т.д.), уровень используемого напряжения (НН, СН, ВН) [3].

Применяемые дифференцированные тарифы нацелены прежде всего на сокращение пиковых нагрузок на энергосистему и повышение ее экономичности в результате снижения затрат на топливные ресурсы. Необходимо учитывать, что при работе на максимальных мощностях увеличивается расход топлива, происходит интенсивный износ оборудования, увеличиваются риски цепных отключений нагрузки. Обеспечить необходимые режимы работы генерирующих установок энергопроизводящего предприятия могут только во взаимодействии с потребителями энергии, причем данное взаимодействие даже в условиях рынка энергии и мощности требует выстраивания определенных отношений поставщиков энергии с постоянными участниками рынка продаж.

Зависимость процессов выработки энергии от ее потребления и переменный график электрической нагрузки предъявляют особые требования к системе производства энергии. В тепловых станциях имеется возможность изменения мощности в ограниченном диапазоне. Многократные изменения мощности за допустимые пределы вызывают снижение срока службы агрегатов, а работа на повышенных мощностях приводит к ухудшению экономической эффективности тепловых электрических станций. Расходы на генерирование электроэнергии в часы пиковых нагрузок намного выше, чем в обычные часы работы.

Системным оператором единой электроэнергетической системы выполняется распределение задания на изменения мощности каждому энергоблоку в энергосистеме таким образом, чтобы обеспечивались определенные цели управления. Ими могут быть достижение максимальной экономической эффективности энергосистемы, минимального количества вредных выбросов в атмосферу и т. д. Важным механизмом обратной связи между производителем и потребителями, позволяющим приблизить фактическое потребление энергии к заданному графику нагрузки, является тариф.

Таким образом, в современных условиях ставится задача создания такой системы тарифов на электроэнергию, которая стимулировала бы различные группы конечных потребителей, в том числе агропромышленного комплекса к перераспределению собственной нагрузки таким образом, чтобы нагрузка энергосистемы стремилась к среднему суточному значению. Это значение при определенном составе генерирующих мощностей может определить режим наибольшей эффективности энергосистемы [4].

Переход на «дневной» и «ночной» (дифференцированный) тариф при оплате электроэнергии может существенно сократить затраты на оплату электроэнергии.

Потребитель готов изменять конфигурацию собственного графика нагрузки в желаемом для энергоснабжающей организации направ-

лении лишь в том случае, если ему будет это экономически выгодно. Несмотря на это, переход к дифференцированному тарифу, требует серьезной правовой проработки, определения и утверждения социально-обоснованных норм электропотребления.

Литература

1. Падалка Л., Заборовский А. Формирование дифференцированных тарифов по ступеням номинального напряжения //Энергетика и ТЭК. – 2005. – № 9/10.
2. Потребич А. А. Определение цене на продаваемую электроэнергию по классам напряжения электрической сети энергокомпании //Энергетика и электрификация. – 2005. – №10.
3. Энергоаудит и нормирование энергоресурсов /Сборник методических материалов (НГТУ, НИЦЭ, Н.Новгород, 1998.)
4. А.И. О совершенствовании методики расчета дифференцированных по времени суток тарифов на электрическую энергию //Заседание секции Экономика электроэнергетики (НП «НТС ЕЭС» Москва 2011г.).

УДК 631.362:621.3

Юсубалиев А., д.т.н.,*Ташкентский государственный аграрный университет, г. Ташкент***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ
КЛАССИФИКАЦИИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА**

В статье приведены основные положения теории фракционирования семян с помощью диэлектрического устройства и результаты расчетов электрической силы притяжения семян хлопчатника к цилиндрическому рабочему органу. На основании анализа поляризации поверхности семян под действием электрического поля разнополярных электродов, обоснована возможность четкого разделения разнокачественных коллекционных семян на различные фракции с помощью электроклассификатора.

При формировании коллекционных семян, хранящихся в течение определенного периода в составе генофонда хлопчатника важное значение приобретает выделение из исходного первичного материала наиболее физиологически зрелой части для использования в селекции новых сортов. В настоящее время фракционирование семян по массе осуществляется путем ручного взвешивания каждого из них на торсионных весах, что требует значительных трудозатрат и характеризуется низкой производительностью и точностью фракционирования из-за влияния человеческого фактора.

Анализ известных устройств показал, что для устранения указанных недостатков целесообразно применение диэлектрического устройства с цилиндрическим рабочим органом [1].

Общеизвестно, что характер перемещения различных частиц по внешней поверхности вращающегося цилиндра обуславливается конструктивными и технологическими параметрами рабочего органа и физико-механическими свойствами самих частиц. Поскольку основные морфофизические свойства (размеры, масса, плотность и др.) семян связаны с их биолого-физиологическим состоянием, то исследуя закономерности движения по поверхности и отрыва семян с различными свойствами от вращающегося цилиндра под действием электрического поля, можно обосновать возможность четкого разделения исходного материала на биологически разнокачественные фракции с помощью электроклассификатора [2].

В процессе работы диэлектрического устройства, семена с помощью подающего устройства 1 поступают на вращающийся цилиндрический рабочий орган 2, поверхность которого обмотана изолированными электродами 3, подключенными к выходам противоположных полярностей высоковольтного источника (рис. 1). Под действием электрического поля электродов в частице 4 происходят поляризационные процессы, приводящие к появлению электрической силы $F_э$, прижимающей частицу к рабочему органу.

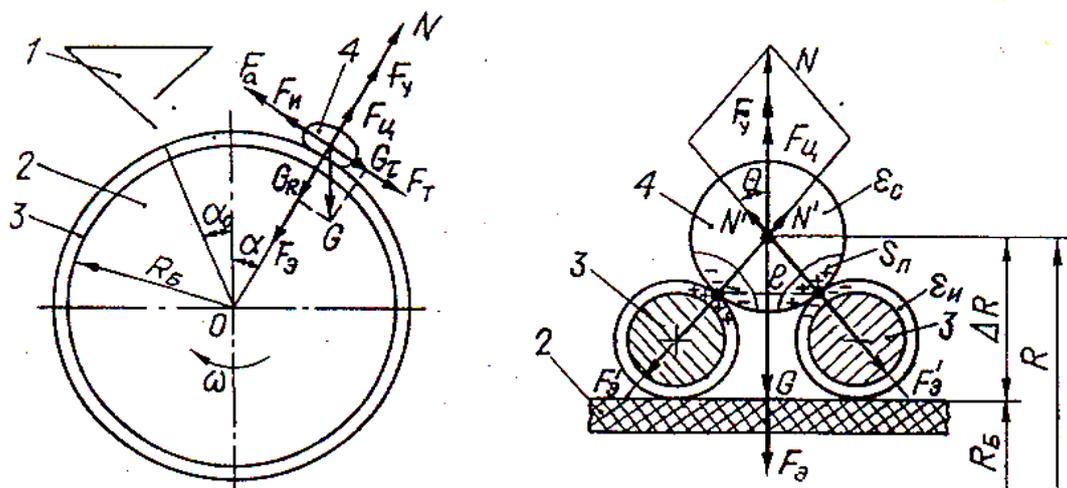


Рисунок 1 – Схема действия сил на частицу (семени) на вращающемся рабочем органе

Величина этой силы определяется выражением [3]

$$F_3 = \frac{\varepsilon_0 (\varepsilon_c - \varepsilon_u) \varepsilon_u^2 S_{\text{п}} U^2 \cos \theta}{2(\varepsilon_u R_c \sin \theta + \varepsilon_c t)^2} \quad (1)$$

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м – электрическая постоянная; $\varepsilon_c, \varepsilon_u$ – относительная диэлектрическая проницаемость частицы(семени) и слоя изоляции; $S_{\text{п}}$ – поляризованная площадь частицы одним электродом, м²; U – напряжение между электродами, В; $\theta = \arccos \sqrt{1 - [(R_s + \delta)/(R_s + R_c)]^2}$ – угол размещения частицы, град; $R_c = b/2$ – малая полуось частицы, м; R_s – радиус электрода по изоляции, м; δ – половина зазора между электродами, м; t – толщина слоя изоляции электрода, м;

В первый период после подачи частица движется по цилиндру с отставанием, поскольку её угловая скорость вращения (ω_r) меньше скорости вращения рабочего органа (ω_b). В дальнейшем под действием силы трения F_T и тангенциальной составляющей силы тяжести G_τ её скорость увеличивается и при $\omega_r = \omega_b$ начинается совместное движение частицы и цилиндра. По мере увеличения угла поворота α вокруг оси вращения растёт G_τ , стремящаяся сдвинуть частицу вниз по цилиндру и придать ей ускоренное движение, что приводит к началу движения частицы с опережением. Ускоренное движение приводит к росту центробежной силы $F_{\text{ц}}$, отрывающей в определенный момент частицу от барабана.

На поверхности цилиндра на частицу, кроме электрической силы F_3 , действуют силы: тяжести $G=mg$, аэродинамического сопротивления

$F_a = c_x \rho S_r v^2 / 2 = c_x \rho S_r R^2 (d\omega/dt)^2 / 2$, упругого сопротивления $F_y = k_y \Delta l$, трения $F_T = fN / \cos \theta$, инерции $F_{\text{и}} = m(dv/dt) = mR(d^2 \alpha / dt^2)$, а также центробежная сила $F_{\text{ц}} = mv^2 / R = mR(d\alpha/dt)^2$. В этих формулах: m – масса частицы, кг; $g = 9,81$ м/с²; c_x – коэффициент полной аэродинамической силы; $\rho = 1,29$ кг/м³ – плотность воздуха; S_r – площадь поверхности частицы, м²; v – линейная скорость движения частицы, м/с; R – радиус вращения частицы вокруг оси цилиндра, м; α – угол поворота частицы, град; k_y – коэффициент упругости оболочки частицы, Н/м; Δl – абсолютная величина упругой деформации, м; f – коэффициент трения частицы о поверхность электрода (цилиндра); N – нормальная сила реакции цилиндра, Н.

Проектируя вышеуказанные силы на касательную и нормаль к окружности и используя вышеприведенные выражения этих сил, после решения дифференциального уравнения состояния получено следующее общее выражение движения разделяемых частиц по вращающемуся цилиндрическому рабочему органу сортировщика [4]:

$$\frac{\omega_r^2 R}{g} = \frac{2}{4 \left(\frac{\eta R}{m} \pm \frac{f}{\cos \theta} \right)^2 + 1} \left\{ \left(\frac{2\eta R}{m} \pm \frac{3f}{\cos \theta} \right) \sin \alpha \pm \left[\left(\frac{2\eta f R}{m \cos \theta} \pm \frac{2f^2}{\cos^2 \theta} \right) \mp 1 \right] \cos \alpha \right\} \pm \frac{f(F_y - F_y)}{mg \cos \theta \left(\frac{\eta R}{m} \pm \frac{f}{\cos \theta} \right)} + \frac{R}{g} C e^{-2 \left(\frac{\eta R}{m} \pm \frac{f}{\cos \theta} \right) \alpha} \quad (2)$$

где $\eta = c_x \rho S_r / 2$ и C – постоянная интегрирования.

В (2) знак "+" относится к движению частицы с отставанием от цилиндра, а знак "-" соответствует её движению с опережением.

В начальный период после подачи ($\alpha = \alpha_1$) частица движется по поверхности цилиндра с отставанием. При увеличении угла поворота до некоторого значения $\alpha = \alpha_2$ частица под действием сил F_T и G_T начинает двигаться совместно с цилиндром ($\omega_r = \omega_6$). В дальнейшем под действием возрастающей силы G_T частица, начиная с момента $\alpha = \alpha_3$, соответствующего достижению $G_T = F_T + F_a$, будет двигаться с опережением цилиндра. Величина этого угла α_3 определяется выражением [4]

$$\alpha_3 = \varphi' + \arcsin \left[\left(K_{\text{г}} - K_{\omega} \right) \sin \varphi' + \frac{\eta R}{m} K_{\omega} \cos \varphi' \right], \quad (3)$$

где $\varphi' = \arctg(f / \cos \theta)$ – приведенный угол трения частицы об электроды; $K_{\text{г}} = (F_y - F_y) / mg$ и $K_{\omega} = \omega_6^2 R / g$.

Увеличение скорости движения частицы приведет к возрастанию $F_{\text{ц}}$ и G_T , под совместным действием которых происходит ее отрыв от ци-

линдра под углом α_4 . Это произойдет при $N=0$, что согласно (2) соответствует равенству

$$\alpha_4 = \arccos[(\omega_r^2 R/g) - K_{эу}] \quad (4)$$

Характер движения частиц по поверхности вращающегося цилиндрического рабочего органа в основном определяется величинами угла начала опережения (α_3) и угла отрыва (α_4). Графо-аналитические исследования изменения угла совместного движения семян с рабочим органом ($\alpha = \alpha_3 - \alpha_2$) показывают, что под действием электрического поля разнополярных электродов его величина увеличивается в 3-4 раза [4]. Это исключает взаимное влияние разнокачественных семян в процессе их движения по поверхности рабочего органа и повышает четкость их фракционирования по агробиологическим свойствам.

Анализ выражений (1) - (4) показывает, что на характер движения частицы по цилиндрическому рабочему органу влияет конструктивный (R) и кинематический (ω_6) параметры рабочего органа. Если скорость вращения рабочего органа и его диаметр R_6 считать постоянными, то на процесс разделения частиц можно оптимизировать путем выбора диаметра разнополярных электродов ($R_э$). Из выражения (2) также следует, что основную роль во взаимодействии частиц с вращающимся цилиндрическим рабочим органом играют их такие физико-механические свойства, как коэффициент трения f , относительная диэлектрическая проницаемость ε_r , коэффициент аэродинамического сопротивления c_x , коэффициент упругости k_y и масса m). Степень влияния каждого из этих показателей зависит от размаха его варьирования. В частности, у коллекционных семян хлопчатника, обладающих повышенной опушенностью, наибольшие пределы изменения имеет m , тесно коррелированной с их физиологической зрелостью [5].

Из (1) следует, что величину электрической силы, прижимающей семя к вращающемуся рабочему органу, можно регулировать в достаточно широких пределах путем изменения приложенного к электродам напряжения. Следовательно, электрическая сила притяжения может служить основным регулирующим параметром за технологическим процессом.

Однако максимальное значение напряжения ограничивается величиной воздушного зазора между электродами 2δ , толщиной изоляционного слоя электродов t и электрической прочностью материала изоляции, а также коронированием микронеровностей поверхности электродов. Последнее означает, что возможности увеличения электрической силы повышением напряжения электродов также ограничены.

Кроме того, при постоянстве электрических свойств конкретных семян и изоляции, т.е. ε_c и ε_u , величина электрической силы зависит от поляризованной площади семени S_n и угла размещения θ семени на разнопо-

лярных электродах, на которые непосредственно влияет диаметр последних.

Существенное влияние на величину электрической силы оказывает степень поляризованности поверхности семени (S_n/S_c), характеризуемая частью объема тела, пронизываемого потоком электрической индукции. Крупные семена ($R_c > R_s$) будут расположены высоко на электродах, вследствие чего у них S_n/S_c окажется меньше, чем у мелких семян. При $R_c = \delta$ поверхность семени окажется поляризованной полностью. Поэтому, при прочих равных условиях, крупные семена будут испытывать воздействие меньшей удельной электрической силы, чем мелкие семена.

Исходя из симметричного распределения электросиловых линий относительно электрода, получено выражение для количественной оценки площади поляризации семян хлопчатника в зависимости от параметров электродной системы [6]:

$$S_n = b^2 \left(1 + \frac{\arcsin \sqrt{1 - K^2}}{K \sqrt{1 - K^2}} \right) \arcsin \left(\frac{R_s + \delta}{R_s + R_c} \right). \quad (5)$$

Проведенные расчеты по выражению (6), представленные в таблице 1, свидетельствуют о закономерности изменения поляризованной поверхности семени в зависимости от их массы. С её увеличением с 50 до 175 мг угол размещения семени уменьшается с $65^{\circ} 48'$ до $52^{\circ} 54'$, а доля поляризованной площади семени уменьшается с 0,73 до 0,58. Это соответствующим образом отразится на величине электрической силы. Расчеты электрической силы (таблица 2) по выражению (1), проведенные с использованием данных таблицы 1, показывает, что с ростом массы семени электрическая сила в целом также растет, благодаря увеличению площади поляризации и уменьшению угла размещения. Но кратность электрической силы у семян меньшей массы больше, чем у крупных, из-за большей степени поляризации их поверхности.

Таблица 1 – Изменение поляризованности коллекционных семян хлопчатника в зависимости от их массы

m, мг	b, мм	θ , град.	S_c , мм ²	S_n , мм ²	S_n/S_c
50	4.4	$65^{\circ} 48'$	103,16	75,25	0,73
70	4.9	$63^{\circ} 06'$	129,04	89,08	0,69
90	5.4	$59^{\circ} 18'$	53,75	101,39	0,66
110	5.7	$57^{\circ} 30'$	175,13	111,95	0,64
130	6.1	$55^{\circ} 42'$	196,54	121,71	0,62
150	6.3	$54^{\circ} 24'$	215,15	130,12	0,60
175	6.7	$52^{\circ} 54'$	238,16	140,05	0,58

Таблица 2 – Изменение электрической силы $F_э(\cdot 10^{-5} \text{Н})$ притяжения в зависимости от массы семян и напряжения электродов(U)

U,кВ	Масса семени (мг)						
	50	70	90	110	130	150	175
3.0	17.25	21.70	25.40	28.34	31.17	33.45	36.19
4.0	30.67	38.58	45.15	50.38	55.41	59.46	64.53
5.0	47.92	60.28	70.55	78.72	86.58	92.91	100.52
6.0	69.12	86.80	101.60	112.02	124.68	133.80	144.76
7.0	93.92	118.14	138.28	154.29	169.70	182.12	197.03

Из изложенного следует, что применение диэлектрического устройства обеспечивает селективное воздействие на семена хлопчатника электрической силой, величина которой изменяется в обратной зависимости от их размеров и массы. Приложение электрического поля приводит к увеличению зоны совместного движения семян и цилиндрического рабочего органа, способствующего устранению взаимного влияния разнокачественных семян друг на друга и повышению четкости разделения исходного материала на фракции.

Литература

1. Юсубалиев А. Пиримов О.Ж.,Файзиев М. Ғўза коллекцион чигитини электр классификаторда ажратиш //Сб.тр.науч.-прак.конф. ТИМИ. – Ташкент. – Ч.III. – 2006. – С.53-55.
2. Юсубалиев А.,Байметов Р.И. Некоторые свойства коллекционных семян хлопчатника //Международная агроинженерия. – 2012. –№2. –С.58-61.
3. Юсубалиев А. Электрическая сила притяжения семян к разнополярным электродам диэлектросепаратора //Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. – 2002. № 1. – С.67-73.
4. Юсубалиев А. Разделение частиц на цилиндрическом рабочем органе диэлектрического сортировщика //Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – №4. – С.17-21.
5. Юсубалиев А. Пиримов О.Ж. Сортирование семян //Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги. – 2005. – №12. – С. 15-16.
6. Юсубалиев А. Пиримов О.Ж. Уруғларнинг диэлектрик саралагич электр майдонида кутбланиш юзасини аниқлашга доир //Вестник ТашГТУ. – 2009. – № 3-4. – С. 105-108.

УДК 636.2:614.484(574)

Утемуратов Ж.Ж., к. т.н., доцент
КазНИИМЭСХ, г. Алматы

КАВИТАЦИОННЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ КРС

Для интенсификации и стабилизации процесса формирования и осаждения монодисперсных аэрозольных капель предложен кавитационный способ дробления распыляемых жидкостей, осуществляемый на устье центробежного кавитатора, обращенного навстречу набегающему аэродинамическому потоку.

Для предотвращения болезней в животноводческих фермах и комплексах весьма эффективны химические способы борьбы. Поэтому для рационального использования химических препаратов и повышения эффективности санитарной обработки животных необходимо совершенствование существующих средств механизации и разработка новых технологических процессов для аэрозольной обработки животных [1].

Из-за отсутствия надёжных в эксплуатации средств механизации и автоматизации по санитарной обработке крупного рогатого скота до настоящего времени на фермах санитарную обработку ведут без предварительной очистки тел животных от налипшей навозной массы и другой грязи. Подача дезинфицирующей жидкости в зону обработки осуществляется непрерывным потоком с большим расходом, что приводит к резкому снижению эффективности использования дезинфицирующей жидкости.

Проведённые за последние годы исследования в области медицинской дезинфекции, а также в области защиты растений показывают, что равномерное распределение дезинфицирующего средства на поверхности приводит к значительному повышению эффективности обработки при малом расходе средств. Чем меньше размер капель распылённой жидкости, тем выше ее удельная поверхность и, следовательно, тем меньшим количеством рабочей жидкости можно создать сплошную плёнку жидкости на орошаемой поверхности. Например, 1 мл жидкости, превращённой в капли с диаметром 1 мкм, способен покрыть сплошным слоем поверхность, равную 12 м (кв.). Таким образом, качество обработки во многом зависит от однородности формирования аэрозольных частиц.

Совершенствование процесса формирования монодисперсных аэрозольных капель в значительной степени зависит от выбора оптимальных режимов и течения транспортируемых жидкостей.

В настоящее время известны лишь отдельные аппараты и процессы, при которых образуются приблизительно одинаковые капли. Прежде всего это вращающиеся дисковые [2] и барабанные распылители с использованием пористых тел [3]. К ним же относятся некоторые вибрационные,

струйные и электростатические аппараты [4,5] а также устройства типа капельниц.

Из перечисленных выше способов дробления жидкости, приближающихся к монодисперсным, наиболее интересными для практики представляются процессы дробления вращающимися распылителями.

В зависимости от объекта, метода и цели обработке, а также используемой аппаратуры степень дисперсности распыляемой жидкости варьирует в различных пределах. Величина частиц дисперсных систем, применяемых ветеринарии, в частности в дезинфекционной практике, приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Величина частиц дисперсных систем, применяемых дезинфекционной практике

№ п/п	Тип обработки	Диаметр частиц (в микронах)
1.	Дезинфекция помещений горячими растворами, промывка помещений, обмывание животных	500 и более
2.	Дезинфекция помещений холодными растворами, опрыскивание животных акарицидами и инсектицидами	250-500
3.	Дезинсекция помещений, опрыскивание животных репеллентами	100-250
4.	Аэрозольная дезинсекция в открытой природе	25-100
5.	Аэрозольная дезинсекция и дезинсекция помещения	5-50
6.	Аэрозольная дезинсекция воздуха в помещениях, вакцинация, терапия	5 и менее

Анализ конструкции современных вращающихся распылителей показал, что при дроблении рабочих жидкостей главная трудность заключается в необходимости получения высокодисперсного распыла с минимальной затратой энергии.

В настоящее время наряду с другими способами наиболее широкое применение нашли два:

- дробление жидкости с использованием сил аэродинамического поля;
- дробление жидкости с использованием электростатического воздействия.

Однако из-за неполного учета особенности динамического взаимодействия капель жидкости с окружающей средой возможности этих способов дробления реализованы не в полной мере.

Известно, что степень дробления распыливаемых жидкостей связана со способностью их к «взрыву». За устойчивость капли при этом можно принять следующее условие [1,2]:

$$\rho \frac{v^2}{2g} \text{ и } \frac{4\sigma}{d_k} \text{ или } R \text{ или } P, \quad (1)$$

где ρ – плотность обтекаемого воздуха; v – относительная скорость движения капли в воздухе; σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

Форма капли считается устойчивой, неустойчивой и весьма неустойчивой при $R < P$, $R = P$ и $R > P$, соответственно.

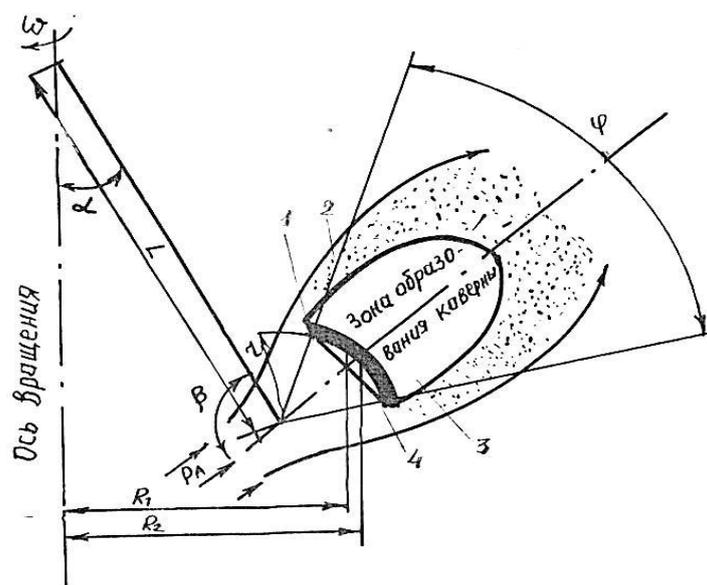
С момента схода кольцевой жидкости в виде тонкого пограничного подслоя из устья соплового канала она увлекается и интенсивно разрушается обтекаемым воздушным потоком, так как обладает парусностью. Микровыступы шероховатой поверхности кромки сопла и колебательное движение обтекаемой струи воздушного потока вокруг ускорительной трубки приводит к интенсивному кавитационному диспергированию тонкой кольцевой жидкости в аэрозольные капли.

Однако в настоящее время эти физические процессы, происходящие при взаимодействии капель с обтекаемым потоком воздуха, почти не используются для улучшения качества дисперсности распыливаемых жидкостей.

Именно такая особенность динамического воздействия капель с потоком обтекаемого воздуха была учтена нами при разработке нового аэрозольного распылителя инерционного действия.

Использование центробежного кавиатора обеспечивает получение зоны образования каверны, что служит дополнительным фактором в процессе распада жидкой пленки до аэрозольных капель.

На рисунке 1 показана схема кавитационного процесса при формировании аэрозолей на устье кавиатора 1 с длиной L и радиусом.



1 – кавиатор; 2 – аэрозольные капли; 3 – каверна; 4 – жидкая пленка

Рисунок 1 – Схема кавитационного процесса при формировании аэрозолей в устье кавиатора

Во время вращательного движения кавиатора 1 на устье образуется тонкая жидкая пленка 2, равная $\delta = R_2 - R_1$ с углом заполнения устья кавиатора φ . Жидкость, вытекающая из центра устья кавиатора, растекается по её поверхности в виде тонкой пленки, смачивая поверхность, и под действием центробежных сил и аэродинамического потока обтекаемого воздуха сбрасывается в зону образования каверны, где формируются монодисперсные аэрозольные капли.

Качественные показатели процесса диспергирования зависят от кинематических и конструктивных параметров кавиатора: частота вращения n , радиуса R_k , удельного расхода рабочей жидкости Q , расстояния H до обрабатываемого объекта.

За счет постоянства и равномерности подвода малообъемной порции рабочей жидкости на поверхности кромки образуется устойчивая толщина жидкой пленки и, как следствие, в зоне образования каверны формируются монодисперсные капли. Движение жидкой пленки на поверхности кромки устья кавиатора аналогично движению жидкой пленки на поверхности вращающегося диска. Оно может быть описано системой дифференциальных уравнений Навье-Стокса и уравнения неразрывности. Ввиду малой толщины и малого значения тангенциальных и вертикальных компонент скорости в сравнении с радиальными можно упростить эту систему и свести её к одному уравнению:

$$\frac{Q - Qb}{l} = \int_0^\delta u dz = \frac{\rho g \delta^2 \sin \alpha}{3 \eta}, \quad (2)$$

где l – длина кромки устья кавиатора, $l = \frac{d_{\text{сопл}}}{\sin \gamma} = 0,004$ м (рис.3,9,а); α – угол наклона устья кавиатора к горизонту ($\alpha = 45^\circ$); Q – расход рабочей жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$; Qb – расход обтекаемого воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$; $g = a = \omega^2 R_k$ – центробежное ускорение, $\text{с}/\text{м}^2$; η – вязкость рабочей жидкости, $\text{г}/\text{см}^*\text{с}$; d – диаметр сопла кавиатора, м.

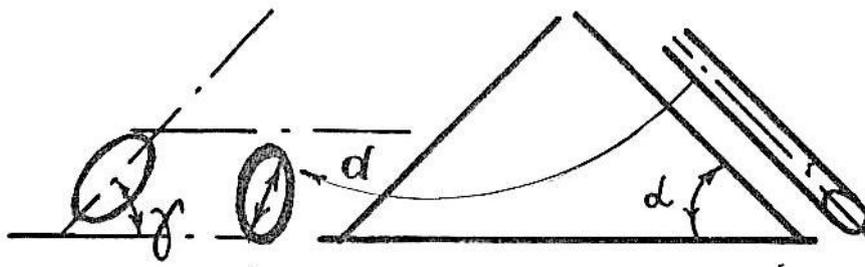


Рисунок 2 – К расчету длины устья кавиатора

С учетом условия неразрывности решение этого уравнения следующее. Толщина пленки у кромки кавиатора:

$$\delta = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{3(Q - Qb)}{\rho l R_k \sin \alpha}} \quad (3)$$

Это формула относится к ламинарному режиму движения капли, то есть к режиму, при котором критерии Рейнольдса для пленки $R_e < 2000$ или

$$R_e = \frac{\delta Q \rho}{\eta} < 2000$$

Для изучения факторов, влияющих на процесс образования жидкой пленки на поверхности кромки кавиатора, построены графические зависимости, представленные на рисунке 3.

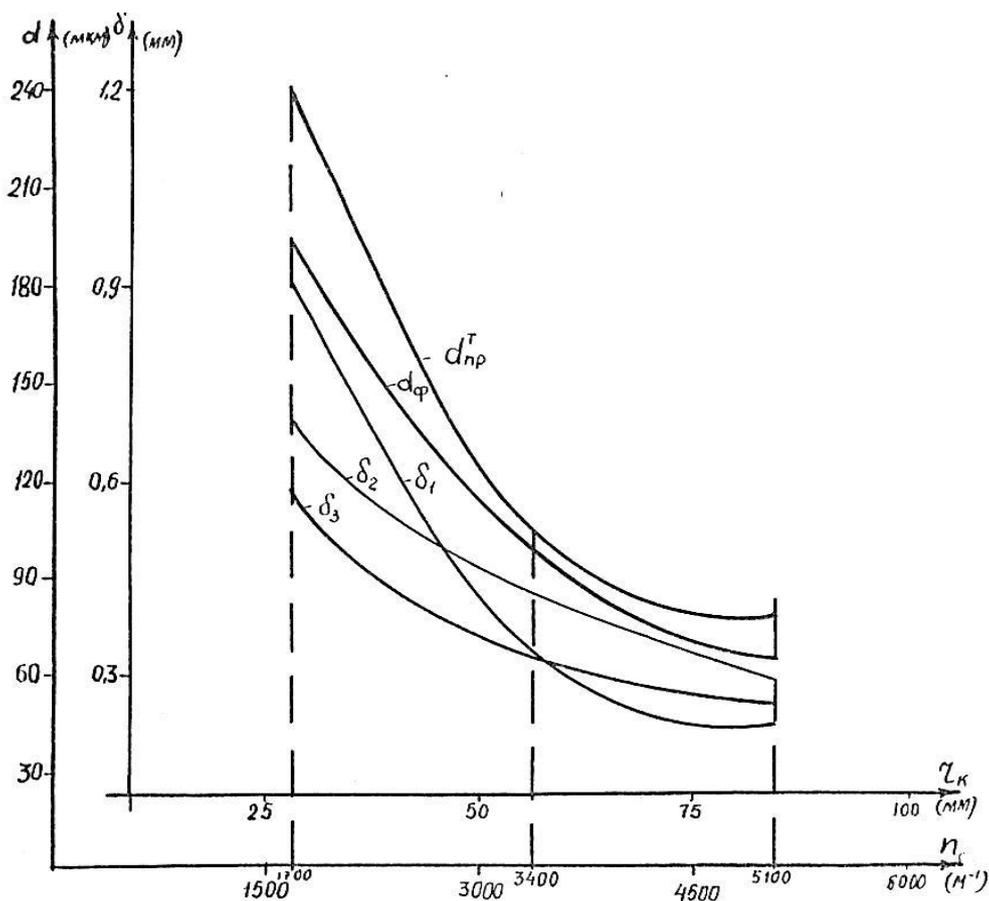


Рисунок 3 – График зависимости толщины жидкой пленки и формируемых аэрозолей в центробежном кавиаторе от частоты вращения, расхода и радиусов распада

Из анализа уравнения графической зависимости видно, что толщина пленки в основном зависят от изменения угловой скорости ω и радиуса R_k распада жидкой пленки в устье центробежного кавиатора. Плотность и вязкость используемой рабочей жидкости при химической обработке в исследуемых условиях остаются практически постоянными.

Для определения оптимальных значений параметров кавитационного процесса формирования аэрозольных капель при санитарной обработке крупного рогатого скота мы применили теорию планирования многофакторного эксперимента. Задачей оптимизации являлось получение монодисперсных аэрозольных капель при оптимальных параметрах и режимах работы центробежного кавиатора.

Таким образом применение центробежного кавиатора, обращенного устьем навстречу набегающему аэродинамическому потоку, способствует формированию малой порции подводимой рабочей жидкости и тонкой пленки, распадающейся при минимальной кинетической энергии обтекаемого аэродинамического потока.

Исследованиями установлено, при принятой частоте вращения распылителя инерционного действия $5,1 \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$ теоретический диаметр формируемых аэрозолей составляет 105 мкм, а фактический 60...78 мкм, что подтверждает близость результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Литература

1. Шарипов Ш.Т. Механизация ветеринарно-санитарного обслуживания. – Алма-Ата: Кайнар, 1989. – 65 с.
2. Дунский В.Ф., Никитин К.В. Пестицидные аэрозоли. – М.: Наука, 1982. – 191 с.
3. Аэрозоли в сельском хозяйстве. Сборник статей. – М.: Колос, 1973. – С. 71-107.
4. Химический метод борьбы с вредителями и клещами //Сб. переводов и рефератов иностранной периодической литературы под редакцией Б.И.Рукавишникова. М., 1956. – Ил. – С. 9-11.
5. Cosebe W. Chem – Sngs //Techn, 1968. – Vol. 20. – P. 37.

УДК: 631:117.4:631.171

*Калиаскаров М., д.т.н., Жуматай Г.С., к.т.н., Усманов А.С., к.т.н.
КазНИИМЭСХ, г. Алматы*

ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИСПЫТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В КАЗАХСТАНЕ

Представлены основные проблемы испытания сельскохозяйственной техники в РК.

Оценка соответствия и испытания сельскохозяйственной техники широко используются в мировой и отечественной практике. При испытаниях подтверждается соответствие техники установленным требованиям безопасности и охраны окружающей среды, а также предоставление заказчикам достоверной информации об основных показателях назначения, характеризующих технико-эксплуатационные качества.

Сертификационные испытания сельскохозяйственных тракторов в Казахстане проводятся на соответствие установленным требованиям ТР ПП РК № 1295 (от 30.12.2008 г.) и СТ РК 3.42, а испытания по подтверждению соответствия сельскохозяйственной и техники требованиям Технического регламента Таможенного Союза (ТР ТС) 010/2011 «О безопасности машин и оборудования», при этом определяется соответствие показателей техники требованиям нормативных документов по техническим характеристикам, по безопасности для окружающей среды и здоровья человека [1,2,3].

В настоящее время потребность республики в сельскохозяйственной технике обеспечивается в основном за счет ввоза из дальнего зарубежья и стран СНГ, и большая часть техники ввозится и реализуется без оценки ее пригодности к зональным почвенно-климатическим условиям и проверки ее соответствия требованиям нормативной документации. Опыт использования сельскохозяйственной техники показывает, что имеется необходимость ее адаптации к зональным условиям республики, проверке агрегативности зарубежных тракторов с сельскохозяйственными машинами и орудиями, определению их эксплуатационных свойств, проведения широкомасштабных исследований с участием НИИ технологического профиля АО «КазАгроИнновация».

За счет ввоза техники ведущих зарубежных фирм (для подготовки почвы к посеву, посева, уборки урожая и др.), удовлетворяется потребность сельского хозяйства нашей страны. В целом она отвечает современным экологическим требованиям (уплотнения почвы, внесения минеральных удобрений, средств защиты растений и др.) [4]. В то же время, наблюдается необходимость дополнительного изучения использования зарубежной техники в различных почвенно-климатических и производственных условиях, их влияния на агротехнические и экологические последствия, защиты почвы от неблагоприятных воздействий и удельного давления на

почву, т.е. она не всегда адаптирована к условиям стран СНГ, в т.ч. Казахстана.

Наряду с положительными моментами, отмечаются технические несовершенства, связанные с использованием машин и оборудования в условиях Казахстана: снижается экономическая эффективность, окупаемость техники в стране, не обеспечивается агрегатируемость техники с отечественными сельскохозяйственными орудиями, а так же обеспеченность запасными частями данной техники в нашей стране.

Ученые считают, что при использовании зарубежной техники необходимо учитывать почвенно-климатические условия Казахстана. Для этого необходимо проведение приемочных испытаний машин в конкретных регионах республики.

Предлагается на основе исследований по оценке качества выполняемых работ на обработке почвы, посевах, уходе за посевами сельскохозяйственных культур и сбору урожая осуществить выбор оптимального состава техники. К примеру, в Южном регионе Казахстана с поливным земледелием необходима малогабаритная система машин, приспособленная к тяжелым почвам и малым площадям.

Специалисты испытательных центров утверждают, что необходимо проведение всесторонних испытаний, осуществление доводки для условий Казахстана и лишь затем организация закупки или производства техники в совместных предприятиях. Необходимо обратить внимание на конструкции машин, предназначенные для выполнения почвозащитных технологий. Целесообразно для разработки такой техники и технологии в Казахстане привлекать отечественных, а при необходимости и зарубежных ученых.

Сельскохозяйственные машины, выпускаемые в странах СНГ имеют высокую адаптацию к местным почвенно-климатическим условиям, ремонтпригодны, их эксплуатация освоена механизаторами, но они менее надежны и комфортабельны.

Что же касается ввоза зарубежной сельскохозяйственной техники, то можно сделать совершенно очевидный вывод: иностранные фирмы ведут борьбу за казахстанский рынок. И сейчас сельский товаропроизводитель, можно сказать, пребывает в растерянности, видит много прекрасной техники, но не может ее приобрести, потому что цена не соизмерима с его доходами.

К сожалению, в настоящее время завозимая в республику сельскохозяйственная техника не проходит приемочные испытания полную годовую наработку, поскольку для поставщиков и потребителей это дорого и не выгодно.

Зарубежным производителям сельскохозяйственной техники проводить полноценные приемочные и сертификационные испытания просто невыгодно. Поскольку, кроме всех прочих характеристик машин при испытаниях определяется и такой показатель как экономическая эффективность от применения машины в сельскохозяйственном производстве страны, ее

окупаемость. А дорогая техника (чаще всего это именно импортная) имеет иногда просто фантастическую окупаемость – 30-40 лет. Машину столько лет не используют. Как минимум она устареет морально. Многие импортные компании игнорируют приемочные испытания и сразу продают технику потребителям. Повлиять на это к сожалению нет рычагов. И если кто-то приобретает ту или иную машину без консультаций, это на их риск.

Есть такой термин – «Вписываемость» машины в технологию. Он показывает, сможет ли машина работать в данной технологии. Есть понятие, что сама машина – это уже технология. В наше время, вряд ли кто кроме машино-испытателей сможет предоставить потребителю достоверную информацию о технологических свойствах сельскохозяйственных машин и их экономической эффективности, от чего напрямую зависит себестоимость конечной продукции – основного показателя конкурентоспособности. Уступая в надежности и уровню эргономики техника производительных стран СНГ пока имеет значительное превосходство перед западными аналогами по экономической эффективности.

К примеру, у импортной машины один топливный насос может стоить почти как двигатель трактора СНГ. Опыт показывает, что через 5-6 лет импортная техника требует ремонта и соответствующих затрат. Есть еще такое понятие как ремонтпригодность. Потребители умеют ремонтировать отечественную технику и технику стран СНГ: еще остались приспособления, методики и специалисты. Чего не скажешь об импортной: вынуждены только проводить замену деталей и комплектующих, а это очень дорого. По этому, потребитель, перед тем как покупать технику должен все взвесить и выбрать самую оптимальную, качественную, проверенную технику.

Опыт работы аккредитованной испытательной лаборатории КазНИИМЭСХ показывает, что абсолютное большинство проходящей через таможенную границу Казахстана сельскохозяйственной техники, не проходит приемочные и сертификационные испытания. Заявители ищут легкие пути приобретения сертификатов на приобретенную технику без участия аккредитованных испытательных лабораторий. Само упоминание о необходимости выезда испытателей к заявителю для проведения сертификационных испытаний в большинстве случаев обременяют заявителя - поставщика, так как они в основном поставщики сельскохозяйственной техники в Казахстане. Поэтому, в большинстве случаев заказчик ищет обходные пути решению этой задачи.

При поступлении претензий от потребителей или от инспекции «Казтехнадзор» о серьезных недостатках, выявленных в конструкции той или иной импортной машины и орудия, при использовании их в хозяйственных условиях, испытательные лаборатории обязаны немедленно провести инспекционные испытания и представить соответствующее заключение.

Вводится упрощенный порядок ввоза для современной сельскохозяйственной техники, используемой в сельском хозяйстве зарубежных стра-

нах, полученной за счет финансовых средств иностранного инвестора и для организации совместного производства. В этом случае для ввоза сельскохозяйственной техники на рынок страны устанавливаются два требования:

- данная техника должна пройти сертификационные и приемочные испытания;
- должна быть включена в «Регистр сельскохозяйственной техники, предназначенной для использования в Казахстане».

Иностранная сельскохозяйственная техника, имеющая межгосударственные сертификаты, получаемая за счет грантов иностранных инвестиций и лизинговых средств, а также за счет финансовых средств негосударственных организаций и компаний проходит сертификационные и приемочные испытания. Эти испытания проводятся в установленном порядке, в пределах действующих норм (НТД).

Сертификацией сельскохозяйственной техники и проведением полных приемочных испытаний должны заниматься испытательные лаборатории, имеющие специалистов необходимого профиля по образованию и соответствующий области аккредитации, люди с большим опытом в области сельского хозяйства.

Постановлением Правительства Республики Казахстан от 20 апреля 2005 года №367 «Об обязательном подтверждении соответствия продукции в Республике Казахстан» (с дополнениями от 26.10.2010 № 1117), предусмотрена обязательная сертификация всей завозимой в страну сельскохозяйственной техники и тракторов.

Однако вышеуказанное Постановление Правительства РК не выполняется, и к сожалению, в Казахстане нет органа который контролировал бы исполнение данного Постановления.

Рекомендации по применению и адаптации техники ведущих зарубежных фирм в Казахстане должны быть получены после широкой производственной проверки технических средств, т.к. при испытаниях, проводимых специалистами испытательных лабораторий оцениваются функциональные показатели, а точную экономическую оценку в различных производственных условиях может дать только сельскохозяйственное производство.

Существуют государственные институты, проводящие испытания новой техники и оборудования. По результатам испытаний дается рекомендация фирмам на доработку машин или разрешается поставка на рынок. При этом очень жесткие требования к поставкам сельскохозяйственной техники на внутренний и европейские рынки существуют в США и Канаде. Эти требования снижаются при поставках техники в страны СНГ, третьего мира и в развивающиеся страны. Контроль за соответствие техники требованиям стандартов обеспечивают государственные институты или же частные институты по заказу государства.

Такая система контроля показала свою эффективность и её следует использовать в Казахстане. В настоящее время основная задача аккредитованных испытательных центров состоит в том, чтобы выявить – какая техника наиболее эффективна в условиях Казахстана. Поэтому крайне важно наладить систему приемочных испытаний техники, перевести ее из разряда добровольной сертификации в обязательную.

МСХ РК, совместно со специалистами институтов сельскохозяйственного машиностроения и испытательными лабораториями необходимо создать образцовый каталог (реестр) сельскохозяйственной техники, по которым ориентировались бы покупатели сельскохозяйственной техники.

В целях создания дополнительных условий и возможностей иностранным инвесторам, желающим ввести сельскохозяйственную технику в республику, в порядке установленном МСХ РК, можно разрешить ввоз в страну технику, не включенную в «Реестр сельскохозяйственной техники», для проведения научно-исследовательских исследований и изучения адаптации в условиях Казахстана. Импортная техника, закупаемая с привлечением госбюджетных средств, по инициативе или залога государственных организаций должна проходить государственные приемочные испытания в установленном порядке в испытательных лабораториях.

Научно-техническая документация новой сельскохозяйственной техники, поставляемой на производство впервые, разрабатывается, утверждается и проходит государственную регистрацию в соответствии с государственной системой стандартов РК.

Реестр сельскохозяйственной техники должен быть, во-первых, публичным и стать руководством для государства при субсидировании техники, приобретаемой хозяйствами. Это список техники, которая прошла испытания и получила положительную оценку. А если потребитель захочет рискнуть и приобрести что-то иное, пусть делает это за свои деньги.

Литература

1. ТР ПП РК №1295 «Требования к безопасности сельскохозяйственных и лесозаготовительных тракторов, прицепов и машин» (Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2008 г. №1295).

2. СТ РК 3.42-2003 «Порядок сертификации сельскохозяйственной техники и тракторов» (Настоящий стандарт устанавливает порядок обязательной сертификации сельскохозяйственной техники и тракторов, производимой предприятиями Республик Казахстан и импортируемой на ее территорию в Государственной системе сертификации Республики Казахстан).

3. ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования», (Решение Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 823). – 66 стр.

4. Усманов А.С. Машины для агропромышленного комплекса /Справочное пособие. – Алматы: Инжу-Маржан, 2010. – 500 с., рис. 200, табл.2.

УДК 636:631.3;637.61

*Ахметов Т.Д., соискатель
КазНИИМЭСХ, г. Алматы*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Обеспечение нормативных параметров микроклимата в животноводческом помещении является актуальной проблемой, от которой зависит продуктивность животных и энергоемкость производства. Наиболее приемлемой является новая энергосберегающая технология, основанная на применении теплового насоса. Она позволяет одновременно утилизировать избыточное тепло, накопленное в помещении, а также влагу и вредные газы. Дано математическое описание теплового баланса, процесса утилизации тепла. Выведены формулы тепло- и холодопроизводительности, мощности теплового насоса в зависимости от количества животных, климатических факторов.

Тепловые насосы (ТН) находят широкое применения в разных отраслях экономики. Следует отметить важную роль ТН в освоении возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и в процессах тепло- и холодообеспечения производственных процессов. Одним из прикладных процессов, где ТН может обеспечить существенный энергосберегающий и технологический эффект, является процесс обеспечения микроклимата животноводческого помещения [1].

Под микроклиматом животноводческого помещения понимают климат ограниченного пространства (коровника, телятника, свиарника или другого здания).

Микроклимат помещений представляет собой совокупность физических, химических и биологических параметров окружающей среды. Основные из них — это температура и относительная влажность воздуха, его подвижность, электрические свойства, содержание углекислоты, аммиака, сероводорода, концентрация пыли и наличие микрофлоры. К этим параметрам следует добавить интенсивность производственных шумов, которая значительно возросла с внедрением механизации, а также освещенность рабочих зон.

Температура, влажность, чистота и подвижность воздуха в помещении оказывают влияние на терморегуляцию животных: совокупность физиологических процессов, поддерживающих температуру тела на постоянном уровне. Постоянство температуры тела достигается благодаря изменениям теплопродукции и теплоотдачи, а следовательно, продуктивности животных и потребления ими кормов.

При понижении температуры внутри помещения животные потребляют больше кормов, а при повышении температуры затрудняется

отдача теплоты организмом во внешнюю среду, что снижает продуктивность животных.

Относительная влажность воздуха в животноводческих и птицеводческих помещениях обычно достигает 70 ... 80 %. При дальнейшем ее увеличении до 90 % и более замедляются окислительно—восстановительные процессы в организме, нарушается обмен веществ, снижается сопротивляемость организма простудным заболеваниям, падает продуктивность животных.

Скорость движения воздуха должна составлять 0,2 ... 0,5 м/с. При скорости менее 0,2 м/с образуются застойные зоны, в которых накапливаются вредные выделения, а при скоростях свыше 0,5 м/с наблюдается увеличение простудных заболеваний [2].

Нами предложено технико-технологическое решение данной задачи, при котором внутренний воздух принудительно и многократно рециркулируется через теплообменник, соединенный с испарителем ТН. При этом, избыточное тепло поглощается и, одновременно, на холодных поверхностях теплообменника выпадает конденсат и вместе с конденсатом, растворенные в нем аммиак, сероводород и углекислый газ. В результате поглощенное тепло используется на полезные нужды или обратно возвращается в помещение, температура, влаго- и газосодержание воздуха снижаются до нормативного уровня.

Предлагаемая технология и входящие в нее процессы недостаточно изучены, что не позволяет оценить технологический и энергосберегающий потенциал устройства. Задачей теоретических и экспериментальных исследований является установление основных закономерностей температурных режимов помещения, определение энергетического потенциала поглощенного тепла из утилизируемого воздуха помещения и преобразования избыточного тепла помещения, в заданном диапазоне изменения параметров энергий.

На рисунке 1 представлена расчетная схема технологии, которая одновременно является моделью функционирования системы. Последовательность расположения элементов и связей (сопряжений) между ними показывают пути и направления движения потоков энергий и этапы выполнения процессов для достижения искомой цели.

Система представлена состоящей из пяти элементов, где: $МК_1$ – тепло поступающее от животных, т.е. источники теплоты; $МК_2$ – воздушная среда где накапливается тепловая энергия, поступающая от источников и где необходимо обеспечить микроклимат (животноводческое помещение); $МК_3$ – поглотитель (устройство утилизации) избыточной теплоты, влаги, газов (воздушный теплообменник; сборник конденсата, газов) $МК_4$ – тепловой насос; $МК_5$ – аккумулятор тепловой энергии.

Элементы снабжены входными $x_{2i}(q_{2i}; t_{2i})$ и выходными $y_{2i}(q_{2i}; t_{2i})$ сигналами (связями), где q_{2i} – параметр теплового потока, а t_{2i} – его температура. Цифра 2 при параметрах показывает условный номер под-

системы микроклимат в общей системе (сложной системе) жизнеобеспечения фермы.

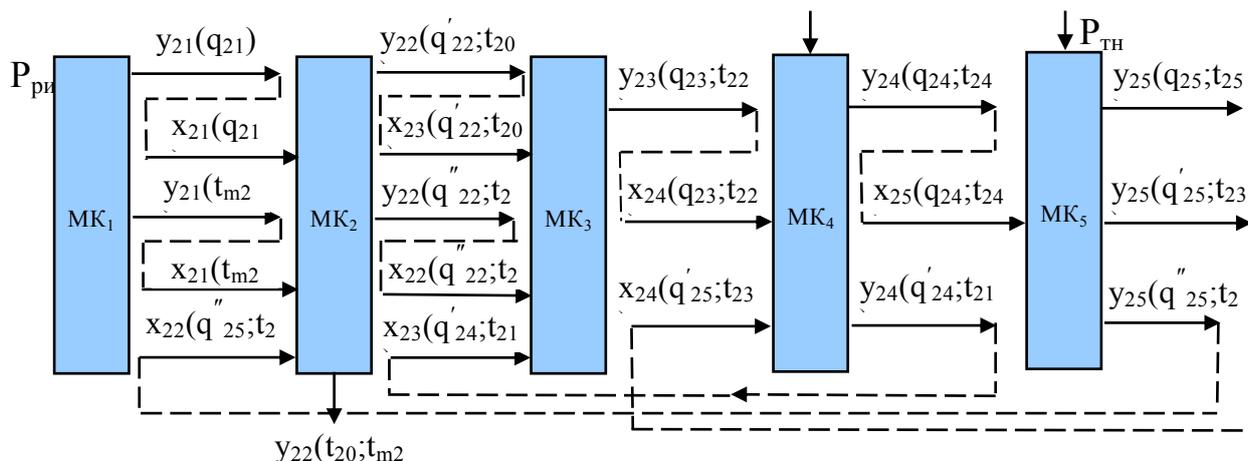


Рисунок 1 – Расчетная схема и сопряжения элементов системы микроклимат

МК₁ – имеет два выходных сигнала: $y_{21}(q_{21})$ выражает суммарную теплоту выделяемую животными, работающим оборудованием и др. источниками; $y_{21}(t_{m2})$ – энергию поступающую в помещение из окружающей среды с температурой – t_{m2} . Для МК₂ выходные сигналы МК₁ являются входными, с параметрами $x_{21}(q_{21})$ и $x_{21}(t_{m2})$ и на выходе приобретают новые параметры, которые разделены и представлены в виде явной – $y_{22}(q'_{22}; t_{20})$ и скрытой – $y_{22}(q''_{22}; t_{20})$ теплоты, которые накапливаются в объёме помещения. МК₃ – поглощает явную – $x_{23}(q'_{22}; t_{20})$ и скрытую – $x_{23}(q''_{22}; t_{20})$ теплоту и выдает суммарную теплоту с параметрами – $y_{23}(q_{23}; t_{22})$. МК₄ – поглощая тепловую энергию от теплообменника с параметрами – $x_{24}(q_{23}; t_{22})$, преобразовывает и выдаёт два сигнала, где $y_{24}(q_{24}; t_{24})$ – основной, который передаётся на МК₅, а $y_{24}(q'_{24}; t_{21})$ показывает рециркуляцию теплоносителя между испарителем теплового насоса и теплообменником. МК₅ – принимая поток $x_{25}(q_{24}; t_{24})$ от МК₄ выдаёт три потока, где $y_{25}(q_{25}; t_{25})$, показывает основную энергию выдаваемую потребителю, $y_{25}(q'_{25}; t_{23})$ – энергию направляемую на обеспечение микроклимата в помещении и $y_{25}(q''_{25}; t_{25})$ – рециркулирующий между баком-аккумулятором и конденсатором теплового насоса поток.

Закономерности функционирования искомой системы микроклимата можно представить совокупностью балансовых векторных уравнений:

$$\begin{aligned} \bar{x}_{24}(q_{23}; t_{22}) + \bar{x}_{24}(q_{24}; t_{23}) + \bar{P}_{mn} &= \bar{y}_{24}(q_{24}; t_{24}) + \bar{y}_{24}(q'_{24}; t_{21}); \\ \bar{x}_{22}(q_{21}) + \bar{x}_{22}(t_{m2}) + \bar{x}_{22}(q''_{25}; t_{25}) &= \bar{y}_{22}(q''_{22}; t_{20}) + \bar{y}_{22}(q'_{22}; t_{20}); \\ \bar{x}_{25}(q_{25}; t_{24}) + \bar{P}_{pu} &= \bar{y}_{25}(q_{25}; t_{25}) + \bar{y}_{25}(q'_{25}; t_{23}) + \bar{y}_{25}(q''_{25}; t_{25}) \end{aligned}$$

$$\bar{x}_{23}(q'_{22}; t_{20}) + \bar{x}_{23}(q''_{22}; t_{20}) + \bar{x}_{23}(q_{24}; t_{21}) = \bar{y}_{23}(q_{23}; t_{22}), \quad (1)$$

$$\begin{aligned} t_{m2} &= b_{21} \cdot m_i^n + b_{22} \cdot m_i^{n-1} + \dots + b_{2n} \\ P_{mH} \cdot \varphi_2 &= y_{24}(q_{24}; t_{24}) \\ P_{mH} \cdot (\varphi_2 - 1) &= x_{24}(q_{23}; t_{22}) \end{aligned}$$

При следующих условиях квазистационарности тепловых потоков:

$$\begin{aligned} y_{21}(q_{21}) &= x_{22}(q_{21}); \quad y_{21}(t_{m2}) = x_{22}(t_{m2}); \quad y_{25}(q'_{25}; t_{25}) = x_{22}(q'_{25}; t_{25}); \\ y_{22}(q'_{22}; t_{20}) &= x_{23}(q_{23}; t_{22}); \quad y_{22}(q''_{22}; t_{20}) = x_{23}(q''_{22}; t_{20}); \quad y_{24}(q'_{24}; t_{21}) = x_{23}(q'_{24}; t_{21}); \\ y_{23}(q_{23}; t_{22}) &= x_{24}(q_{23}; t_{22}); \quad y_{25}(q'_{25}; t_{23}) = x_{24}(q'_{25}; t_{23}); \quad y_{24}(q'_{24}; t_{24}) = \\ &= x_{25}(q_{24}; t_{24}). \end{aligned}$$

Решение системы (1) и дифференциального уравнения теплоэнергетического баланса помещения:

$$\sum_{i=1}^k n_i \cdot q_i \cdot a_1 \cdot a_2 - \sum_{n=1}^n k_{опр} \cdot F_n \cdot (t_в - t_{m2}) - c_{нж} \cdot V_{нж} \cdot \rho_в \cdot \frac{dt_в}{d\tau} = q_{мх2} \quad (2)$$

где: $q_{мх}$ – хладопроизводительность ТН; $C_{нж} = c_{нж} \cdot V_{нж} \cdot \rho_в$ – теплоемкость воздушной среды животноводческого помещения; n_i – количество животных данного вида; q_i – количество теплоты; a_1 a_2 – коэффициенты учитывающие соответственно изменение тепло – и влаговыделений животных в зависимости от температуры помещения ($t_в$) и в зависимости от времени суток, для дневного времени $a_2 = 1$, а ночью $a_2 = 0,8$; $k_{опр}$ – коэффициент теплопередачи ограждений; F_n – суммарная площадь n -го ограждения; t_{m2} – температура атмосферного воздуха в расчетный период, позволяет вывести расчетную формулу динамики температуры воздуха в помещении в зависимости от выше приведенных факторов, входящих в (1) и (2):

$$t_в = t_{m2} - \frac{1}{k_{опр}} (q_{мх2} - q_{ж}) - \frac{1}{k_{опр}} [q_{ж} - q_{мх2} - k_{опр} (t_{m2} - t_n)] \cdot \exp\left(-\tau \frac{k_{опр}}{C_{нж}}\right) \quad (3)$$

где $k_{опр} = \sum_{n=1}^n k_{опр} \cdot F_{опр}$; $q_{ж} = \sum_{i=1}^k n_i \cdot q_i \cdot a_1 \cdot a_2$; t_n – нормативная температура воздуха в помещении;

Часовой объем утилизированной тепловой энергии, который показывает одновременно величину эквивалентной сэкономленной энергии, можно определить через хладопроизводительность теплового насоса за час сменного времени по формуле:

$$q_{m\kappa 2} = \frac{q_{жс} - k_{оэп}(t_{m2} - t_г) - [q_{жс} - k_{оэп}(t_{m2} - t_н)] \cdot \exp\left(-\tau \frac{k_{оэп}}{C_{пжс}}\right)}{1 - \exp\left(-\tau \frac{k_{оэп}}{C_{пжс}}\right)} \quad (4)$$

Часовая теплопроизводительность системы определяется по формуле для расчета энергии выработанной тепловым насосом:

$$q_{мин2} = \frac{\varphi_2 \cdot [q_{жс} - k_{оэп}(t_{m2} - t_г)] - \varphi_2 \cdot [q_{жс} - k_{оэп}(t_{m2} - t_н)] \cdot \exp\left(-\tau \frac{k_{оэп}}{C_{пжс}}\right)}{(\varphi_2 - 1) \cdot \left[1 - \exp\left(-\tau \frac{k_{оэп}}{C_{пжс}}\right)\right]} \quad (5)$$

Суточная теплопроизводительность определяется интегрированием (5), в пределах интервала времени функционирования системы от $\tau_{н2}$ $\tau_{\kappa 2}$ и при условии пренебрежения значением $\exp(-\tau \cdot k_{оэп}/C_{пжс})$, ввиду её малости:

$$q_{мин2}^{сум} = (p_{мин} + q_{жс}) \cdot (\tau_{\kappa 2} - \tau_{н2}) - k_{оэп} \cdot \int_{\tau_{н2}}^{\tau_{\kappa 2}} [t_{m2}(\tau) - t_г] d\tau \quad (6)$$

где: $t_{m2}(\tau)$ – закономерность изменения температуры окружающей среды в период работы системы.

Теплопроизводительность за месяц определяется из условия постоянства суточной теплопроизводительности в течение месяца:

$$q_{мин2}^{мес} = 30 \cdot q_{мин2}^{сум} \quad (7)$$

Сезонная теплопроизводительность, и соответственно объем сэкономленной энергии за этот период, с учетом переменного характера $t_{m2}(m)$ в m -е расчётные отопительные месяцы, можно определить по формуле:

$$q_{мин2}^{сез} = 30 \cdot (m_{\kappa} - m_{н}) \cdot (p_{мин} + q_{жс}) \cdot (\tau_{\kappa 2} - \tau_{н2}) - 30 \cdot k_{оэп} \cdot \int_{m_{н}}^{m_{\kappa}} [t_{m2}(m) - t_г] \cdot dm \quad (8)$$

где m_n, m_k – порядковые номера месяцев в течении которых животные содержатся в помещении.

Температура окружающей среды переменная величина, зависящая от сезонного времени. Закономерность ее, с достаточной достоверностью, может быть выражена полиномом второго порядка:

$$t_{m_2}(m_i) = a_{21} \cdot m_i^2 + a_{22} \cdot m_i + a_{23} \quad (9)$$

С учётом (8) и (9) выводится формула сезонной теплопроизводительности предлагаемой системы:

$$q_{мин2}^{сез} = 30(m_k - m_n) \cdot (\tau_{к2} - \tau_{н2}) \cdot (p_{мин} + q_{жс}) - 30 \cdot k_{оэп} \cdot t_v(m_k - m_n) \times \\ \times [a_{21}(m_k^3 - m_n^3) + a_{22}(m_k^2 - m_n^2) + a_{23}(m_k - m_n)] \quad (10)$$

Таким образом, обоснована технология и технические средства создания микроклимата животноводческого помещения на базе теплового насоса. Разработана расчетная схема построения системы, выведены основные формулы для расчета: динамики и установившейся температуры воздуха в помещении, часовой, суточной, месячной и сезонной теплопроизводительности системы. Анализ показывает, что энергосберегающий эффект достигается от соотношения удельного тепловыделения животных и мощности ТН, его технических характеристик (типа компрессора, коэффициента преобразования, к.п.д., параметров испарителя и конденсатора), географического положения объекта и периода работы системы, тепловых характеристик ограждающих конструкций зданий. Все эти факторы учитываются в расчетных формулах. Существенное энергосберегающий эффект дает снижение температуры помещения до нижнего уровня – для взрослых животных до $0...+5$ °С, что приемлемо по санитарно-гигиеническим условиям и можно обеспечить только с использованием теплового насоса.

Литература

- 1 Обзор мирового рынка тепловых насосов «воздух - вода» за 2010 год // Тепловые насосы. Дайджест. -№ 1 (4) / 2012 С. 8-12.
2. Механизация в животноводстве. Электронный учебно-методический комплекс. <http://www.agrolink.ru/umk/кафедра%20ТППСХП/Механизация>.

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 и информационных технологий в сельском хозяйстве, биоинженерия. Не допускается подача ранее опубликованных или одновременно направленных в другие издания работ.

Статья должна сопровождаться:

- **письмом**, с указанием фамилии и инициалов первого автора на английском языке, его адрес, телефон и e-mail;
- **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, кегль – 14) на страницах формата А4, ориентация - книжная, с полями 2,5 см, с одинарным межстрочным интервалом (Образец статьи см. на сайте www.kazars.kz) и предоставляется одним файлом в следующей последовательности:

1. **Индекс УДК**; в первой строке слева, без отступа, кегль 14.
2. **Фамилия** и инициалы автора (строчные полужирные), ученая степень, звание; место работы, город (кегель 14, курсив, выравнивание по центру).
3. **Название статьи** должно строго соответствовать содержанию, отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким; кегль 14, прописные полужирные, выравнивание по центру.

4. **Аннотация** на английском языке и на языке оригинала статьи должна ясно излагать её полное содержание с графиком и формулой (в объеме в 1 страниц) и быть пригодной для опубликования отдельно от статьи; кегль 12, курсив, 4-7 строк без отступов с выравниванием по ширине, одинарный межстрочный интервал.

5. **Основная часть** статьи оформляется с абзацными 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» пишется полностью. Иллюстрации, таблицы, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, нумеруются арабскими цифрами, нумерация сквозная.

6. **Заключение и/или выводы**. Статья завершается заключением и/или четко сформулированными выводами, где в сжатом виде приводятся основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

7. **Литература**, используемая в статье, указывается в порядке упоминания в ссылках в квадратных скобках и приводится в конце статьи как нумерованный библиографический список (не более 10-ти источников), оформленный согласно ГОСТа. Перечисленные компоненты статьи отделяются между собой одной пустой строкой.

Объем научной статьи, включая все вышеперечисленные компоненты (2-5 обязательны), должен составлять, как правило, не менее 2 и не превышать 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) следует направлять по адресу: kazniimesh@yandex.kz, agro_otvet-sekret@mail.ru

Научно-технический журнал «Международная агроинженерия», 2014 г., вып.1 (№9)

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 2227-2054 (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 15.04.14
Тираж 100 экз. Заказ № 2115
Отпечатано в ПК «ЭКОЖАН»
г. Караганда, ул. Садоводов, 14
тел.: 8(7212) 44-23-68, ekozhan@mail.ru



Редакция журнала «Международная агроинженерия»
050005, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Райымбека, 312
Казахский НИИМЭСХ; e-mail: kazniimesh@yandex.kz;
тел. приемной: +7 (727) 247-96-00, факс: +7(727) 247-96-07;
тел. ответственного секретаря: +7(727) 247-96-08;
e-mail: agro_otvet-sekret@mail.ru; www.kazars.kz