

INTERNATIONAL SCIENTIFIC, SCIENTIFIC APPLIED
AND INFORMATIONAL JOURNAL

МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО, НАУЧНО ПРИЛОЖНО И ИНФОРМАЦИОННО СПИСАНИЕ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ, НАУЧНО ПРИЛОЖНЫЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

MECHANIZATION IN AGRICULTURE

МЕХАНИЗАЦИЯ НА
ЗЕМЕДЕЛИЕТО



Issue 6
2015

Year LXI, ISSN 0861-9638, issue 6/2015, Sofia, Bulgaria

SCIENTIFIC TECHNICAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERING
BULGARIAN ASSOCIATION OF MECHANIZATION IN AGRICULTURE

ИЗДАТЕЛИ

PUBLISHERS

НАУЧНО ТЕХНИЧЕСКИ
СЪЮЗ ПО
МАШИНОСТРОЕНЕ

БЪЛГАРСКА
АСОЦИАЦИЯ ПО
МЕХАНИЗАЦИЯ НА
ЗЕМЕДЕЛИЕТО



SCIENTIFIC-TECHNICAL
UNION OF MECHANICAL
ENGINEERING

БЪЛГАРСКА
АСОЦИАЦИЯ ПО
МЕХАНИЗАЦИЯ НА
ЗЕМЕДЕЛИЕТО

ГОДИНА LXI БРОЙ 6 / 2015

ISSN 0861-9638

YEAR LXI ISSUE 6 / 2015

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

EDITORIAL BOARD

Главен редактор: Проф. д-р инж. Михо Михов
Главный редактор: Проф. д-р инж. Михо Михов
Editor-in-chief: Prof. Dr. eng Miho Mihov
Научен редактор: Проф. д-р инж. Христо Белоев
Научный редактор: Проф. д-р инж. Христо Белоев
Prof. D.Sc. eng Hristo Beloev

Акад. д-р Саяхат Нукешев – Казахстан
Проф. д-р инж. Александър Токарев – Русия
Акад. д-р Джемал Катзитадзе – Грузия
Проф. д-р инж. Чеслав Вашкиевич – Полша
Проф. инж. Зденко Ткач – Словакия
Проф. д-р инж. Айрат Валиев – Русия
Проф. д-р инж. Алексей Василев – Русия
Доц. д-р инж. Ербол Саркинов – Казахстан
Доц. д-р инж. Ян Шчепаняк – Полша
Проф. д-р инж. Георги Тасев – България
Доц. д-р инж. Неделчо Тасев
Доц. д-р инж. Георги Капашиков
Проф. д-р инж. Сава Мандражиев
Доц. д-р инж. Красимира Георгиева
Доц. д-р инж. Росен Иванов
Доц. д-р инж. Пламен Кангалов
Проф. д-р инж. Михаил Илиев
Доц. д-р инж. Недялко Недялков

Acad. D.Sc. eng. Sayakhat Nukeshev - Kazakhstan
Prof. Dr. Eng. Alexander Tokarev - Russia
Acad. Djemal Katzitatdze - Georgia
Prof. Dr. Eng. Cheslav Vashkievich - Poland
Prof. eng Zdenko Tkach - Slovakia
Prof. D.Sc. eng. Ayrat Valiev - Russia
Prof. D.Sc. eng. Alexey Vassilev - Russia
Assoc. Prof. eng. Yerbol Sarkynov - Kazakhstan
Assoc. Prof. Dr. Eng. Jan Szczepaniak - Poland
Prof. D.Sc. eng. Georgi Tashev
Assoc. prof. eng. Nedelcho Tashev
Assoc. prof. eng. Georgi Kapashikov
Assoc. prof. eng. Sava Mandraviev
Assoc. prof. eng. Krassimira Georgieva
Assoc. prof. eng. Rossen Ivanov
Assoc. prof. eng. Plamen Kangalov
Prof. Dr. Eng. Mihail Iliev
Assoc. prof. eng. Nedyalko Nedyalkov

Списанието „Механизация в земеделието е продължител на списанията „Машинизирано земеделие” (1948-1957), „Механизация и електрификация на селското стопанство” (1959-1980) и „Механизация на селското стопанство” (1981-1991)

Адрес на редакцията:

Ул. „Г. С. Раковски” 108

Етаж 4, офис 411

1000 София

Тел/факс 02 986 22 40, тел: 02 987 72 92

www.mech-ing.com, nts-bg@mech-ing.com

За рекламодатели и спонсори:

Банкова сметка:

IBAN: BG70 PRCB 9230 100779 0819,

BIC: PRCB BGSF

Получател: НТС по машиностроене
ПРОКРЕДИТ БАНК:

MECHANIZATION IN AGRICULTURE

INTERNATIONAL SCIENTIFIC, SCIENTIFIC APPLIED AND INFORMATIONAL JOURNAL

ISSN 0861 - 9638

Year LXI, 6/2015, Sofia

CONTENTS:

ИНОВАТИВНА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ОПАЗВАНЕ НА ЗЕМЕДЕЛСКИТЕ ЗЕМИ ОТ ДЕГРАДАЦИЯ

Георги Митев.....3

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОТОКА ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ЗЕРНОСУШИЛОК ШАХТНОГО ТИПА

RATIONALE OF SYSTEM OF STABILIZATION THE HEAT FLOW FOR GRAIN DRYERS OF MINE TYPE

Докт. техн. наук, проф. Андрианов Н. М., канд. техн. наук Мэй Шуньчи, инж. Ли Джен.....7

ENERGY – AND RESOURCESAVING MACHINERY TECHNOLOGY OF PRODUCING GRANULAR TEA

ЭНЕРГО-И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ МАШИННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ЧАЯ

Doctor of Technical Sciences, Director Insitute of Tea, Subtropical Crops and Tea Indusrty of Georgia
Agrarian University Revishvili T., Academical Doctor Dolidze B., Engineer-designer Andguladze Z.,
Academical Doctor Apkhazava D., Scientific Worker Nikolashvili L.....11

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА ENERGY SAVING TECHNOLOGY OF GROWING CROPS IN THE SOUTH-EAST KAZAKHSTAN

Сулейменова Н.Ш., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Филипова М. PhD, доцент,
Акылбекова Р.А., PhD, ст.препод., Абилдаев Е.С., PhD докторант.....14

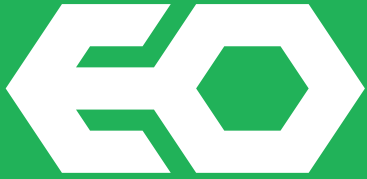
ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

PROBLEMS OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY, DEVELOPMENT PROSPECTS

Post graduate student Kashapov I., Doctor of Technics professor Ziganshin B., PhD of Technics associate
professor Valiev A., Doctor of Technics professor Yahin S., PhD of Technics associate professor
Mustafin A.....16

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В БИОРЕАКТОРЕ

Д-р техн. наук В.И. Барков.....19



**EMPORIO
OLEODINAMICO**
hydraulic components

April 1975 - April 2015

**A PASSION THAT HAS
LASTED 40 YEARS**

OUR INDUSTRIES:

Agricultural mechanization



Lifting machinery



Construction Equipment



**Machinery for the cleaning and
maintenance of green areas**



Transport and logistics



Industrial machinery



Petrochemical plants



OUR PRODUCTS:



quaranta
40
oleodinamici
1975 2015



CONSULTANCY



WAREHOUSE



PRODUCTION



LOGISTICS

TRAINING. COMMITMENT. INNOVATION.



**EMPORIO
OLEODINAMICO**
hydraulic components



Via Golfarelli, 88/B
47122 Forlì - FC (Italy)
Tel. +39 0543 724202
Fax +39 0543 725129



ул. Денкоглу, 21 - 1000
София - България
Тел: +359 2 981 1044
Моб: +359 876666359

www.emporiooleodinamico.com
info@emporiooleodinamico.com
Skype: emporiooleodinamico

www.emporiooleodinamico.com
emporiooleodinamicobg@gmail.com
Skype: brusa_gf



UNI EN ISO 9001
Certificato N. 9160. EMPO

ИНОВАТИВНА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ОПАЗВАНЕ НА ЗЕМЕДЕЛСКИТЕ ЗЕМИ ОТ ДЕГРАДАЦИЯ

Георги Митев
Русенски университет, Русе, България
Е-поща: gmitev@uni-ruse.bg

Georgi Mitev
University of Ruse, Ruse, Bulgaria
E-mail: gmitev@uni-ruse.bg

Abstract: В резултат на многогодишното използване на почвите за производство на растителна продукция и прилагането на някои неподходящи практики като изгаряне на растителните остатъци, използване на тежки енергонаситени машини в периоди на повишена влажност на почвата, многократното и неконтролирано преминаване на машинотракторните агрегати по повърхността и, ежегодното изораване само на определена дълбочина, обработване на почвата по посока на склона, а като добавка и промените в климата, основно изразяващи се в редуване на екстремни валежи и продължителни сушилни периоди, деградира зеделските земи. Около 50% от тях остават за 5-6 месеца без растителна покривка и това неминуемо води до трайно влошаване на свойствата им. Първо се влошават физико-механичните свойства, на почвите, следвани от влошаване на химичните и биологични такива. Насърчаване прилагането на технологии за опазване на почвите могат да спомогнат за решаване на редица проблеми, свързани с деградирането им.

KEYWORDS: SOIL DEGRADATION, SOIL PHYSICAL PROPERTIES SOIL MOISTURE, CLIMATE CHANGES, INNOVATION TECHNIQUES

Въведение

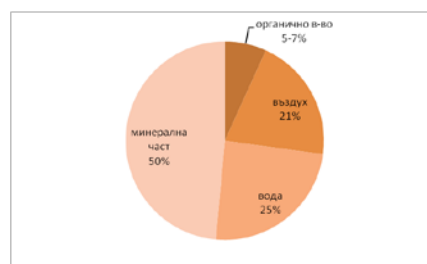
Земеделството е в основата за създаване и съществуване на човешката цивилизация. Неизменен ресурс в земеделското производство са почвите и водите, като запазването на плодородието им за настоящото и за следващите поколения трябва да е линията на поведение и действие. Нуждата от храни непрекъснато нараства както в национален, така и в световен мащаб, като в същото време почвите и водите се използват интензивно, а в някои случаи и недалновидно.

Свидетели сме на промени в климата, които се изразяват най-често в интензивни валежи и изнасяне на огромни по обем и маса плодородна почва, като земеделските земи на България не са оставени настрана от тези явления.

В резултат на приложение на недостатъчно добре обосновани технологии за отглеждане на културните растения, и в частност за обработване на почвата, съдържанието на органично вещество е в тенденция на трайно намаляване и е достигнало критични стойности. По оценки на РИОСВ, в момента то наближава критичните стойности, а в някои райони е 1,73 %. Не е далеч времето, когато при сега прилаганите технологии на производство ще бъде невъзможно да се получават устойчиви добиви. Следователно, при така прилаганите технологии за производство, след около 20-25 години органичното вещество в почвата ще е под 1%. Това означава невъзможност за получаване на растителна продукция от големи по размер земеделски земи. В същото време в страните с водещо земеделие, съдържанието на органично вещество е между 5 и 8%. При така сложилите се обстоятелства е наложително да се насърчават технологиите за опазване на почвите.

Обзор на съществуващите машини за обработване на почвата

Основен момент в технологиите за опазване на почвите е промяна във философията за обработка им. Това, което се предлага е „обработването на почвата да се извършва при доказана необходимост“, като основната цел, която трябва да се преследва е постигане на баланс между основните компоненти – органично вещество, минерална част, въздух и вода, (фиг. 1).



Фиг.1. Оптимални стойности на съотношенията органично вещество, вода, въздух и минерална част, в %

Следователно, намеса в структурирането на почвата трябва да се извършва след диагностициране на основните и показатели, като плътност, устойчивост на почвените агрегати срещу разрушаване, наличие на хранителни елементи, pH и органично вещество.

Анализът на тези показатели може да се извърши с твърдомер, отчитащ измервания на дълбочина до 0,80 m, прибор за определяне устойчивостта на почвени агрегати срещу разрушаване, анализ на почвени проби за наличие на хранителни елементи при лабораторни или полеви условия.

Важно е да се отбележи, че колкото измервания и анализи да се извършват, те не могат да доведат до качествен скок, ако анализирания резултати не се приложат в технологиите за обработване на почвата.

Един от начините за оптимизиране на технологиите е замяна на ежегодната дълбока оран с друг вид обработка на почвата, предимно без обръщане на пласта. Предлаганите конструкции на машини в България са за обработка на почвата както с обръщане на пласта, така и за разрохкване, но на целия обем, обхванат от фронта на работните органи, [1]. В същото време технологиите за обработка на почвата в Европа са много по назад от тези, прилагани в Северна Америка. Качествен скок може да се получи чрез осъвременяване на комплексната технологична линия (КТЛ) за обработване на почвата. За да се постигнат възможно най-добри резултати при приложение на иновативна технология за обработка на почвата, трябва да се обоснове прилагането на подходящи работни машини.

По-голямата част от тези машини са плугове за извършване на дълбока оран, работещи на дълбочина до 0,35 m. Поради стремежа за използване на все по-мощна и енергонаситена техника, тези плугове в по-голямата си част са от 6 до 12 корпусни. Внасянето на машини за обработка на почвата без обръщане на пласта бележи напредък в технологично отношение. Конструкциите са в различно изпълнение и предназначение. Основно са предназначени за разрохкване на целия обем почва, обхванат от фронта на съответната машина. В наличност са и конструкции, които позволяват обработка на повърхностния почвен слой след основните работни органи. Като съществен недостатък в момента, може да се посочи, че се обработва цялата ширина, оставена от продълбочаващите работни органи.

Отчитайки факта, че климатичните промени в настоящия период от време се проявяват основно в екстремни валежи, съпроводени след това с продължителен безвалежен (сух) период, се налага необходимостта да се предпази повърхностния слой на почвата от разрушаване. Основна причина за разрушаване структурата на почвата е кинетичната енергия на дъждовните капки. Такава възможност предоставят както живите растения, така и мъртвите растителни остатъци, но оставени на повърхността на почвата.

В обобщен вид целта на иновативната технология за обработка на почвата е да запази структурата и от разрушителната сила на водата, да се акумулира голяма част от дъждовната вода в коренообитаемия почвен слой, а при възможност и цялото количество, което да стане налична вода за растенията, а в дългосрочен план да повиши добивите и съдържанието на органично вещество, [1].

Известни са т.н. технологии с минимални и нулеви обработки на почвата, при които за определен период от време почвата не се обработва, а растенията се развиват и дават добиви в тези необработени в дълбочина почви. Опитите провеждани в редица страни с култури, като царевичата и слънчогледа показват, че това е възможно, но нормални за съответните култури добиви се получават само в първите 1-2 години. През следващите 2-3 години, когато почвата не се обработва, добивите намаляват, [1].

Тези наблюдения водят до извода, че за да се постигне поставената цел, се налага да се приложат иновативни елементи в технологиите за обработване почвата. Идеята е се да запазят голяма част от растителните остатъци по повърхността на почвата, да намали обемната и плътност и респективно да повиши водозадържащата способност, а в дългосрочен план - да повишат съдържанието на органичното вещество и добивите.

Тази цел може да се постигне, като в ТКЛ за обработване на почвата се включи подходяща машина.

Методика за избор на техника и провеждане на изследванията

Основните критерии, на които се основава проучването за избор на подходяща машина са:

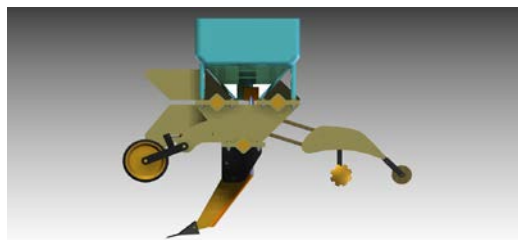
Агротехнически: Използване на почвообработваща машина, която да работи при следните условия:

- без обръщане на пласта, на дълбочина до 0,60 m;
- да не обработва целия обем почва;
- да оставя растителните остатъци по повърхността на почвата;
- да образува след себе си обработени ивици, като дава възможност за използване както на едноредова сеялка за точна сеитба на окопни култури, така и двуредова сеялка за шахматно изсяване на семената;
- възможност за едновременно обработване на 4 или 6 ивици (реда).

Технико-икономически:

- наличност на подобен продукт (машина) в Европа и страните, членки на ЕС;
- поносимост на цената;
- възможност да подпомогне фермерите да постигнат целите по опазване на почвите и повишаване на добивите;
- намаляване броят на изпълняваните операции, в сравнение с класическата технология за отглеждане на окопни култури.

Направените проучвания показват, че гореизброените изисквания може да се удовлетворят от ивичен разрохквач, работещ на дълбочина до 0,60 m с чисташи на растителните остатъци пред работните органи и с обработване на ивиците за засяване, след основните работни органи. (фиг.2, 3)



Фиг.2. Принципна схема на машина за обработване на почвата в ивици



Фиг.3. Машина за обработване на почвата в ивици

Избраната машина може да се включи в КТЛ в а от там и в сеитбооборота за отглеждане на окопни култури в следната последователност на технологичните процеси.

Първа година – Презимуваща култура (Пшеница, ечемик или рапица)

- Основно торене;
- Основна обработка на почвата с размесване на горния пласт (дисковане);
- Предсеитбена обработка на почвата;
- Сеитба;
- Грижи по време на вегетация;
- Прибиране чрез насичане и разпръскване на растителните остатъци по повърхността на почвата;
- Разрохкване на почвата с ивичен разрохквач до 0,60 m дълбочина. Проява на водоакмулиращ и противоерозионен ефект. Възможност за отглеждане на втора култура. Заменя дълбоката оран.

Измервания и анализи след приключване на технологичните процеси от първата година:

- 1. Твърдостта на почвата; 2. Наличие на хранителни елементи; 3. Степен на нарастване на растенията – листен индекс и коренова система; 4. Ерозионна податливост; 5. Добиви; 6. Технико-икономически показатели
- Анализите по т.1., 2., 3., 4., 5 и 6 включват използване на специализирани програмни продукти – 1. RUSLE; 2. Сравнителен анализ на прилаганите технологии и TKM; 3. ISAREG; 4. Статистика

Втора година - окопна култура (слънчоглед или царевица)

- Обработка на почвата без обръщане на пласта (Разрохкване на почвата с ивичен разрохквач, работещ в същите ивици, направени след прибиране на предходната култура). Предимство: Заменя предсеитбена обработка на почвата.
- Сеитба (обикновена сеялка за окопни култури или сеялка за директна сеитба на окопни култури или сеялка засяваща шахматно двойни редове. Присеитбено внасяне на минерални торове;
- Грижи по време на вегетация;
- Прибиране;
- Раздробяване на растителните остатъци по повърхността на почвата.

- Разрохкване на почвата с ивичен разрохквач до 0,60 m дълбочина. Проява на водоакмулиращ и противоерозионен ефект. Възможност за отглеждане на втора култура. Заменя дълбоката оран.

Измерванията и анализите след приключване на технологичните процеси от втората година са аналогични на тези от първата година и продължават след всяка следваща година.

Трета година – Презимуваща култура (Пшеница или ечемик)

- Основно торене;
- Директна сеитба. За предпочитане след наличие на оптимална плътност на почвата. (При липса на сеялка за директна сеитба може да се премине към основна и предсеитбена обработка на почвата чрез дисковане и последваща сеитба с нормална сеялка.);
- Грижи по време на вегетация;
- Прибиране чрез насичане и разпръскване на растителните остатъци по повърхността на почвата;
- Разрохкване на почвата с ивичен разрохквач на 0,60 m дълбочина,. Проява на водоакмулиращ и противоерозионен ефект. Възможност за отглеждане на втора култура. Заменя дълбоката оран.

Четвърта година – Зимуваща култура (рапица)

- Основно торене
- Основна обработка на почвата
- Предсеитбена обработка на почвата;
- Сеитба;
- Грижи по време на вегетация;
- Прибиране, насичане и разпръскване на растителните остатъци по повърхността на почвата;
- Разрохкване на почвата с ивичен разрохквач на 60 см дълбочина,. Проява на водоакмулиращ и противоерозионен ефект. Възможност за отглеждане на втора култура. Заменя дълбоката оран.

Пета година - окопна култура (слънчоглед или царевица)

- Обработка на почвата без обръщане на пласта (Разрохкване на почвата с ивичен разрохквач в същите ивици, които са направени след прибиране на предходната култура); Заменя предсеитбена обработка на почвата.
- Алтернатива: - дълбокоразрохквач преустроен в един ред с ивични култиватори);
- Сеитба (обикновена сеялка за окопни култури или сеялка за директна сеитба на окопни култури или сеялка засяваща шахматно двойни редове. Присеитбено торене;
- Грижи по време на вегетация;
- Прибиране;
- Раздробяване на растителните остатъци по повърхността на почвата.
- Разрохкване на почвата с ивичен разрохквач на 0,60 m дълбочина. Проява на водоакмулиращ и противоерозионен ефект. Възможност за отглеждане на втора култура. Заменя дълбоката оран.

Шеста година – Зимуваща култура (Пшеница или ечемик)

- Предсеитбено торене
- Сеитба: Директна сеитба. За предпочитане след наличие на оптимална плътност на почвата. (При липса на сеялка за директна сеитба може да се премине към основна и предсеитбена обработка на почвата чрез дисковане и последваща сеитба с нормална сеялка.);
- Грижи по време на вегетация;
- Прибиране чрез насичане и разпръскване на растителните остатъци по повърхността на почвата;
- **Дълбока оран за заораване на всички растителни остатъци**

Основни положителни моменти при приложение на технологията

- Ежегодното продълбочаване на почвата при отглеждане на окопни култури на едно поле не налага следващо обработване с обръщане на пласта. В същото време почвата се разрохква в дълбочина, достатъчна за пълно развитие на кореновата система, като в нея се образуват достатъчни по обем пространства за задържане на въздух, вода и хранителни вещества.
- Поради намаления брой обработки на почвата с обръщане на пласта (дълбока оран) се създава оптимална плътност, засилва се микробиологичната дейност, която от своя страна доставя повече усвоими хранителни вещества за растенията.
- Мулчиращият слой от мъртви растителни остатъци в междуредията запазва почвената влага. Измерванията показват, че същата е в границите между 18 и 30% през м. август. (Измерванията са направени в периода 15-25 август, 2014 г. в полетата на 8 ферми). По-ниските стойности се наблюдават в случаите, когато почвата е покрита с растителни остатъци само от предходната година. При по-дебела покривка от мъртви растения, влажността в горния 10 cm почвен слой достига до 30%. Измерванията в почви, обработени след зимни житни култури, показват влажност в границите от 6 до 10%.
- Характерна особеност на технологията е ежегодното използване на ивичен разрохквач през пролетта, непосредствено преди сеитбата на окопните култури. Тази операция е необходима поради спецификата на царевичните и слънчогледовите растения.
- След провеждане на измервания относно плътността на почвата, на 5-6-тата година от началото на приложение на технологията, може да се извърши дълбока оран с цел пълно заораване на растителните остатъци и цикълът да започне отначало. Продължителността на този период не е фиксиран и зависи както от физико-механичните свойства на почвите, така и от решенията на всеки фермер поотделно.
- Дълбока оран може да се приложи по всяко време при доказана необходимост от фитосанитарни мерки.

- Технологията с намален брой обработки на почвата при отглеждане и прибиране на окопни култури изисква включване само на една нова машина в Технологичния комплекс от машини – **ивичен разрохквач**.
- С цел увеличаване на добивите и по желание на фермерите може да се включат: - сеялка за директна сеитба на сляти култури; сеялка за директна сеитба на окопни култури или сеялка изсяваща шахматно двойни редове за окопни култури.
- Обработката на почвата с разрохкване на горния повърхностен слой (дисковане) при отглеждане на зимни житни култури, няма да повлияе съществено на технологията за намаляване броя на обработките на почвата, тъй като се извършва на малка дълбочина. До десетия ден след обработката и до 5-6 ден след сеитбата, засетите семена поникват и растенията покриват плътно повърхността на почвата, като по този начин я предпазват от водна и/или ветрова ерозия.
- Периодични измервания за наличие на органично вещество, хранителни елементи, плътност, влага, микробиологична дейност ще засилят увереността от приложението на тази технология.

Заключение

1. Анализът на технологиите за обработка на почвата показва, че е наложително да се премине към намаляване броя на обработките на почвата.
2. Намаляване броят на обработките на почвата предполага включване на разрохквач за ивична обработка с чистачи на растителните остатъци пред работните органи и култивиращи секции след тях.
3. С цел повишаване на добивите при запазени структурата и органично вещество е възможно да се използва сеялка за точна сеитба, засяваща двойни редове, с шахматно разположение на семената едно спрямо друго.
4. Технологията за отглеждане на окопни култури с минимални обработки на почвата не изключва периодична обработка на почвата с обръщане на пласта, ако това е необходимо по фитосанитарни причини.

Литература:

1. Mitev Georgi, Krasimir Bratov and Jivko Demirev, Improvement of Plant Growing Techniques in Drying up and Water Scarcity Conditions, Journal of Environmental Science and Engineering A, Volume 2, Number 10, 2013, p 503-606
2. Митев, Г.В., 2015. Презентация на проект „Опазване на почвите в България – същност, цели и задачи”, РУ, непубликувано

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОТОКА ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ЗЕРНОСУШИЛОК ШАХТНОГО ТИПА

RATIONALE OF SYSTEM OF STABILIZATION THE HEAT FLOW FOR GRAIN DRYERS OF MINE TYPE

Докт. техн. наук, проф. Андрианов Н. М.^{1,2}, канд. техн. наук Мэй Шуньчи², инж. Ли Джен²
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого¹, Великий Новгород, Россия
Уханьский текстильный университет², Ухань, Китай
E-mail: Nikolay.Andrianov@novsu.ru

Abstract: On the basis of experimental data the analysis of dynamics of processes of regulation of thermal regimes in dryers with a gravitational moving layer is made. As the object of control, the dryer is a difficult dynamic system. This is the multiply connected, the distributed dynamical object with considerable inertia and with transport lag. Its static characteristics are nonlinear. It is established, that the humidity and velocity of the grain layer affect its aerodynamic resistance. In the manufacturing conditions, their changing excite considerable fluctuation of the gas flow and the heat in the camera of dryer, leading to fluctuations in the temperature of grain. In this connection, it is established that stabilization of temperature of the heat carrier does not provide stabilization of temperature of grain. For the best stabilization of regimes, the system of regulation of amount of heat in the camera of dryer is offered. The system includes a control loop of temperature and a control loop of speed of gas, whose works provide stabilization of heat flow.

KEYWORDS: MINE GRAIN-DRYER, DRYING REGIMES, REGULATION, OPTIMIZATION.

1. Введение

Для стабилизации режимов сушки современные сушилки оснащают автоматическими регуляторами температуры теплоносителя [1], однако, как показывает практика [5, 15-18], качество их работы остается низким. Изменчивость механических характеристик зернового слоя существенно влияет на подачу теплоносителя в камеру сушки [2-5], что при стабилизированной температуре ведет к колебаниям потока тепловой энергии и возбуждает колебания температуры зерна. В известной литературе сведений о влиянии регулятора температуры теплоносителя на динамику функционирования зерновых сушилок с гравитационным движущимся слоем имеется недостаточно.

1.1 Цель исследования

Дополнительное изучение динамики процессов, протекающих в рабочих камерах зерновых сушилок, оснащенных системой стабилизации температуры теплоносителя. Разработка методов и средств повышения эффективности их работы.

1.2 Методы исследования

Анализ динамики процессов регулирования выполнен на основе экспериментальных данных, полученных в результате исследований работы шахтной сушилки СЗШ-8, с использованием методов статистической динамики и автоматического регулирования.

2. Результаты исследования и их обсуждение

Особенностью зернового слоя, перемещающегося под действием гравитационных сил, является зависимость его физико-механических характеристик от начальных параметров обрабатываемого материала и задаваемого режима движения. Для сушилок шахтного типа [2-5] установлено, что аэродинамическое сопротивление слоя и скорость течения газа в нем зависят от влагосодержания и скорости перемещения зерна по камере сушки. Так с уменьшением влагосодержания от 30 до 14% скорость газа в слое при постоянном давлении вентилятора уменьшается на 8 – 19%. Это объясняется тем, что уменьшение влагосодержания вызывает усадку зерновок и обуславливает их более компактную укладку, что ведет к увеличению аэродинамического сопротивления слоя. Изменение влагосодержания зерна в процессе сушки может приводить к заметному перераспределению потоков газа по высоте сушильной камеры [5-6].

С увеличением скорости перемещения слоя от 0 до 8 мм/с скорость газа в нем возрастает на 7 – 21%. Это объясняется

увеличением работы сил трения между зерновками, что ведет к разуплотнению слоя и, как следствие, к уменьшению его аэродинамического сопротивления. Работа сил трения с увеличением влагосодержания зерновок еще более возрастает, поскольку увеличивается шероховатость их поверхности. Поэтому совокупное влияние указанных переменных обуславливает изменение скорости газа в зерновом слое в интервале 19 – 25%.

В условиях производства начальное влагосодержание и скорость перемещения зернового слоя изменяются в широких пределах [7-11], что обуславливает изменение его аэродинамического сопротивления и вызывает существенные колебания массовой подачи теплоносителя в камеру сушки, поскольку давление вентилятора поддерживается постоянным. При стабилизированной температуре теплоносителя это ведет к колебаниям потока тепловой энергии и возбуждает колебания температуры зерна.

Изменение аэродинамических характеристик зернового слоя в процессе сушки сказывается на изменении температуры зерна, как в отдельных зонах сушильной камеры, так и по ее высоте [6-9, 12]. На рис. 1 показаны зависимости температуры зерна θ_3 от его влагосодержания W и скорости перемещения V . Видно, что влияние переменных W и V на температуру зерна в различных зонах по высоте камеры сушки различно. На уровне 2-го, 4-го и 6-го ряда коробов с увеличением W температура зерна увеличивается (рис. 1, а), а на уровне 10-го, 12-го и 15-го ряда происходит её понижение.

Это связано с одновременным протеканием двух процессов – изменением аэродинамического сопротивления слоя по мере высушивания и постепенным перераспределением составляющих теплового баланса. Так увеличение влагосодержания W приводит к увеличению размеров зерновок (вследствие набухания), что вызывает увеличение пористости слоя, и сопровождается снижением его аэродинамического сопротивления. Это ведет к автоматическому увеличению подачи теплоносителя и обуславливает пропорциональное увеличение количества теплоты, подводимой к зерну. В связи с этим повышается его температура в начальных зонах камеры сушки (рис. 1, а).

По мере снижения влагосодержания W в нижних зонах меняется характер изменения температуры зерна. На процесс перераспределения потоков газа накладывается процесс перераспределения составляющих теплового баланса. Доля теплоты, затрачиваемая на испарение из зерна влаги, уменьшается, но за счет этого прирастает составляющая, затрачиваемая на его нагрев, поэтому температура зерна интенсивно увеличивается.

Еще более заметное влияние на температуру зерна θ_3 оказывает изменение скорости перемещения слоя V . Из протекания зависимостей (рис. 1, б) видно, что с увеличением V монотонно возрастает θ_3 на уровне 8-го и 12-го ряда коробов. Это объясняется непрерывным увеличением работы сил трения между зерновками и уменьшением вследствие этого аэродинамического сопротивления слоя, что ведет к автоматическому увеличению подачи теплоносителя и теплоты в зерновой слой и, как следствие, к повышению его температуры.

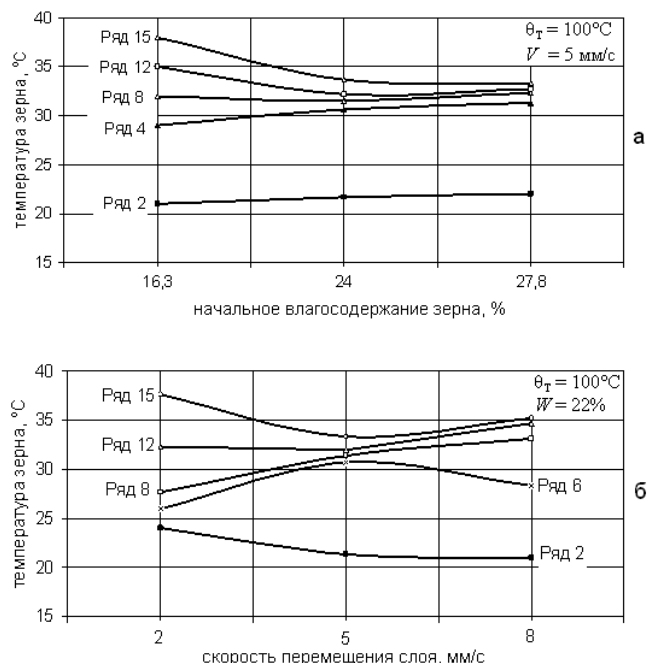


Рис. 1. Зависимость температуры зерна от его начального влагосодержания (а) и скорости перемещения (б)

На уровне 2-го и 4-го ряда коробов картина качественно иная, поскольку доминирующее влияние на нагрев зерна здесь оказывает тепловая инерционность слоя.

В нижних зонах камеры сушки (15-й ряд коробов) при малом влагосодержании зерна его нагрев протекает с доминирующим влиянием процесса перераспределения составляющих теплового баланса. Доля теплоты на испарение влаги сокращается, но за счет этого возрастают затраты теплоты на нагрев зерна, поэтому его температура интенсивно повышается.

Изменение коэффициентов передачи по каналам преобразования сигналов $W - \theta_3$ и $V - \theta_3$ (рис. 2) также подтверждает нелинейный характер влияния переменных W и V на температуру зерна θ_3 .

Их значения имеют знакопеременный характер изменения по высоте камеры сушки, чем объясняется то, что в одних зонах изменение переменных W и V может вызывать положительные приращения температуры зерна, а в других отрицательные, причем значения коэффициентов изменяются не только по высоте камеры, но и зависят от значений самих переменных W и V .

Наибольших значений коэффициенты передачи достигают в нижнем горизонтальном сечении камеры сушки (15-й ряд коробов), чем подтверждается то, что в этой зоне наблюдаются наибольшие и наиболее опасные приращения температуры зерна. Из анализа абсолютных значений коэффициентов следует, что наиболее опасными являются режимы сушки зерна при низких значениях W и V .

Это подтверждается также зависимостями, приведенными на рис. 3. Из их протекания видно, что нелинейный и знакопеременный характер влияния переменных W и V на температуру зерна наблюдается не только по высоте камеры

сушки, но и в ее отдельных зонах, а наибольшие значения температуры θ_3 соответствуют наименьшим значениям W и V .

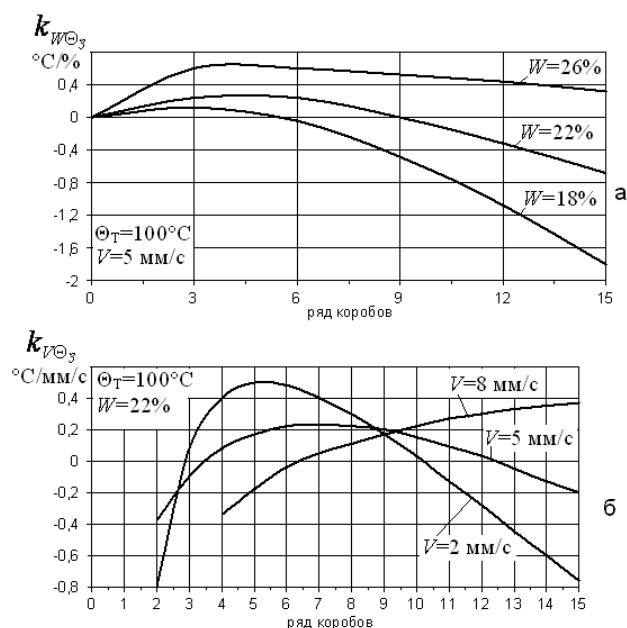


Рис. 2. Изменение коэффициентов передачи по высоте камеры сушки в зависимости от начального влагосодержания зерна (а) и скорости его перемещения (б)

Характерной особенностью протекания зависимостей (рис. 1, 2 и 3) является то, что при высоких значениях влагосодержания (22% и выше) положительные приращения переменных W и V ведут к положительным приращениям температуры зерна в камере сушки. Это можно объяснить только влиянием изменчивости аэродинамических характеристик подвижного зернового слоя при стабилизированной температуре теплоносителя.

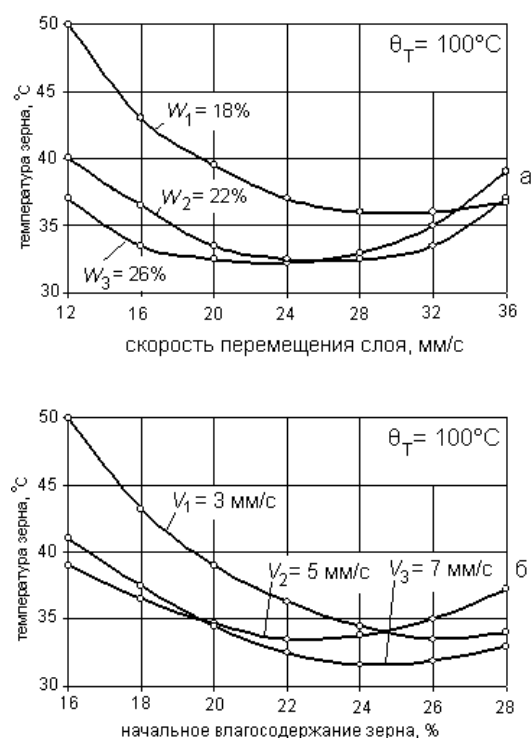


Рис. 3. Изменение температуры зерна на выходе камеры сушки в зависимости от его начального влагосодержания (а) и скорости перемещения (б) при постоянной температуре теплоносителя

Реакции изменения температуры зерна на скачкообразное приращение скорости перемещения зернового слоя представлены на рис. 4. Особенностью их протекания является кратковременное интенсивное повышение температуры зерна в начале переходного процесса. Это объясняется скачкообразным уменьшением аэродинамического сопротивления зернового слоя, что ведет к автоматическому увеличению подачи теплоносителя и теплоты в камеру сушки. Вследствие этого температура зерна возрастает. Превышение температуры $\Delta\theta_3$ может достичь 2 – 8°C и стать опасным для качественных показателей зерна. Причем большие значения $\Delta\theta_3$ соответствуют большим значениям переменных W и V . На втором этапе переходного процесса заметную роль начинают оказывать более инерционные процессы тепло- и массопереноса, поэтому с увеличением влагосодержания зерна его температура постепенно понижается.

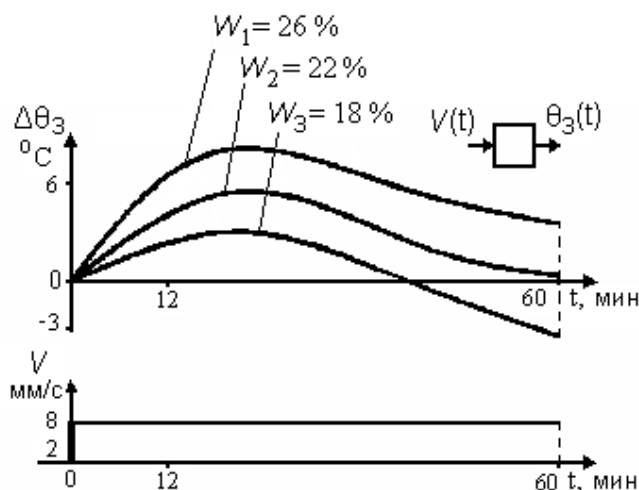


Рис. 4. Переходные процессы на выходе камеры сушки, возбужденные изменением скорости перемещения V зернового слоя при температуре теплоносителя $\theta_T = 100^\circ\text{C}$

При высоких влажностях ($W > 24\%$) установившаяся температура зерна в конце переходного процесса может быть выше начальной, а при меньших ($W < 22\%$) – ниже. Это является следствием нелинейности статических характеристик камеры сушки (рис. 2 и 3). Неоднозначные приращения температуры зерна при изменении скорости перемещения слоя V свидетельствует о невозможности использования экспозиции сушки для управления его температурой.

Динамические свойства камеры сушки для учета особенностей протекания переходных процессов по каналу преобразования сигналов $V - \theta_3$ (рис. 4) могут быть аппроксимированы уравнением динамического звена третьего порядка [13-14].

Возможные отклонения температуры зерна по высоте камеры сушки, вызванные колебаниями его начального влагосодержания и скорости перемещения, представлены в таблице 1. Из нее следует, что стабилизация температуры теплоносителя не обеспечивает стабилизацию температуры зерна и не исключает возможности его перегрева.

Таблица 1. Отклонения температуры зерна, вызванные изменением его начального влагосодержания и скорости перемещения, в сушилке СЗШ-8 с системой стабилизации температуры теплоносителя

Варьируемый фактор	Интервал изменения	Интервал отклонения температуры зерна, °C					
		4-й ряд коробов	6-й ряд коробов	8-й ряд коробов	10-й ряд коробов	12-й ряд коробов	15-й ряд коробов
Влагосодержание, %	14 – 30	4,83	4,78	3,75	8,34	13,88	19,66
Скорость перемещения, мм/с	2 – 8	7,28	6,49	7,26	8,51	9,12	15,44

Отмеченный характер изменения статических и динамических характеристик сушилок указывает на недостатки применения систем стабилизации температуры теплоносителя, так как стабилизация температуры при возможных колебаниях его подачи ведет к колебаниям количества теплоты, подводимой к зерну и не способствует стабилизации тепловых режимов. Наиболее целесообразным для повышения стабильности тепловых режимов является реализация принципа стабилизации количества теплоты, подаваемой в сушильную камеру [19].

Построение такой системы может быть реализовано в соответствии со схемой, показанной на рис. 5. Она содержит камеру сушки 1, в которой скорость перемещения зерна регулируется устройством 2. Теплоноситель, нагретый в генераторе теплоты 3, подается в камеру сушки через диффузор 4, а удаляется из нее вентилятором через диффузор 5. Регулирование температуры теплоносителя осуществляется регулирующим органом 6, а скорости газа в зерновом слое – регулирующим органом 7.

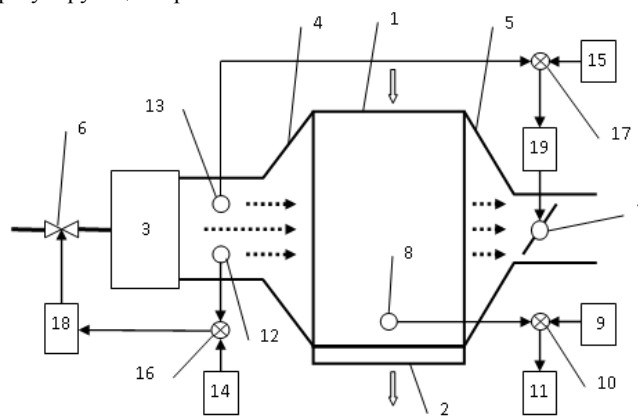


Рис. 5. Схема системы стабилизации подачи теплоты в камеру сушки (обозначения в тексте):

- $\Rightarrow$ – направление движения зерна;
- $\cdots \Rightarrow$ – направление движения теплоносителя

Для стабилизации подачи теплоты в камеру сушки система оснащена двумя независимыми контурами: контуром регулирования температуры и контуром регулирования скорости теплоносителя. Каждый из контуров содержит датчик 12 (13), задатчик 14 (15) и элемент сравнения 16 (17), который через регулирующий прибор 18 (19) соединен с регулирующим органом, соответственно, температуры 6 или скорости газа 7. Система контроля температуры зерна включает датчик 8, задатчик 9, элемент сравнения 10 и устройство сигнализации 11.

Работа контуров обеспечивает одновременную стабилизацию температуры и массовой подачи теплоносителя в камеру сушки, чем обеспечивается стабилизация подачи теплоты. Использование системы позволяет исключить колебания потока теплоносителя, а, следовательно, и теплоты на входе в камеру сушки и осуществить регулирование тепловых режимов в ней с меньшей погрешностью, чем достигается лучшее качество выполнения рабочего процесса.

3. Заключение

Сушильная камера как объект управления тепловым режимом представляет собой сложную динамическую систему. Это многосвязный, распределенный динамический объект, обладающий значительной инерционностью, транспортным запаздыванием и нелинейными статическими характеристиками. Стохастическое изменение начальных параметров зернового вороха и управляющих воздействий возбуждает колебания подачи теплоты в камеру сушки, и ведет к существенным колебаниям температуры зерна. В связи с этим, стабилизация температуры теплоносителя не обеспечивает стабилизацию температуры зерна. Для повышения точности регулирования необходимо применять систему стабилизации количества теплоты на входе в камеру сушки.

4. Литература

1. Колесов, Л. В. Исследование средств управления температурой теплоносителя топочного агрегата / Л. В. Колесов, Н. М. Андрианов // Техника в сельском хозяйстве. 1988. № 1. – С. 49-51.
2. Андрианов, Н. М. Оптимизация структуры потоков газа и теплоты в шахтных зерносушилках / Н. М. Андрианов // Хранение и переработка зерна. 2010. № 11. – С. 60 - 62.
3. Андрианов, Н. М. Совершенствование системы распределения газа шахтных зерносушилок / Н. М. Андрианов, А. В. Николаенко // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2013. № 71. Т. 2. – С. 4-7.
4. Андрианов, Н. М. Оптимизация системы распределения теплоносителя шахтных зерносушилок / Н. М. Андрианов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2008. №10. – С. 160-164.
5. Андрианов, Н. М. Оптимизация зерновых сушилок и их систем управления / Н. М. Андрианов // Депонированная рукопись. ВИНТИ № 197-В2005 10.02.2005 г. – 299 с.
6. Андрианов, Н. М. Совершенствование технологического процесса в шахтной зерносушилке / Н. М. Андрианов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2004. № 7. – С. 7-9.
7. Андрианов, Н. М. Повышение эффективности функционирования зерновых сушилок / Н. М. Андрианов // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 2. – С. 175-177.
8. Андрианов, Н. М. Особенности работы зерновых сушилок / Н. М. Андрианов // Техника в сельском хозяйстве. 2006. № 4. – С. 9-12.
9. Колесов, Л. В. Исследование шахтной зерносушилки в условиях нормального функционирования / Л. В. Колесов, Н. М. Андрианов // Сб. науч. тр. ЛГАУ "Интенсификация технологических процессов в растениеводстве". Л., 1991. – С. 47-55.

10. Андрианов, Н. М. Задание начальных условий и стохастической составляющей математической модели процесса сушки зерновых сушилок / Н. М. Андрианов, Шуньчи Мэй и др. // Ползуновский альманах. 2014. № 2. – С. 30-35.
11. Андрианов, Н. М. Оценка статистических характеристик потока зернового вороха, поступающего в сушилку / Н. М. Андрианов, С. К. Манасян и др. // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 2. – С. 20-22.
12. Колесов, Л. В. Экспериментальное обоснование совершенствования процесса сушки в шахтных зерносушилках / Л. В. Колесов, Н. М. Андрианов // Сб. науч. тр. ЛСХИ «Методы и средства интенсификации технологических процессов на базе микроэлектроники». Л., 1990. – С. 69-80.
13. Андрианов, Н. М. Исследование шахтной зерносушилки как объекта управления / Н. М. Андрианов // Успехи современного естествознания. 2004. № 9. – С. 86-91.
14. Манасян, М. С. Анализ режимов сушки в зерносушилках шахтного типа на основе математической модели / М. С. Манасян, С. К. Манасян, Н. М. Андрианов и др. // Ползуновский альманах. 2014. № 2. – С. 68-70.
15. Андрианов, Н. М. Регулирование тепловых режимов в сушилке с гравитационным движущимся слоем / Н. М. Андрианов, А. Д. Галкин, Шуньчи Мэй // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 4. – С. 30-33.
16. Андрианов, Н. М. Тепловые режимы в шахтных зерносушилках / Н. М. Андрианов, А. Д. Галкин, Шуньчи Мэй и др. // Сельский механизатор. 2014. № 9. – С. 12-13.
17. Андрианов, Н. М. Регулирование тепловых режимов в сушилке с гравитационным движущимся слоем / Н. М. Андрианов, Шуньчи Мэй // В сборнике: SPACE, TIME, MATTER: EVOLUTIONARY HARMONY OR THE ORDERED CHAOS / MAN-MADE WORLD AS AN INSTRUMENT OF LIFE SUPPORT AND CREATIVE SELF-EXPRESSION OF MANKIND LXXX International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Physics, Mathematics, Chemistry, Earth and Space Sciences (London, May 13 - May 20, 2014)/LXXXI International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Technical science, Architecture and Construction (London, May 13 - May 20, 2014). Chief editor-Pavlov V.V.. London, 2014. С. 60-65.
18. Андрианов, Н. М. Обоснование системы стабилизации потока теплоты для зерносушилок шахтного типа / Н. М. Андрианов, Шуньчи Мэй, Джен Ли // Фундаментальные исследования. 2014. № 8 (часть 7). – С. 1518-1523.
19. Андрианов, Н. М. Способ автоматического регулирования процесса сушки зерна и устройство для его осуществления / Н. М. Андрианов // Патент RUS № 2135917. 1999. Бюл. № 24 от 27.08.1999.

ENERGY – AND RESOURCESAVING MACHINERY TECHNOLOGY OF PRODUCING GRANULAR TEA

ЭНЕРГО-И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ МАШИННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ЧАЯ

E-mail: temurrevishvili@gmail.com

Doctor of Technical Sciences, Director Institute of Tea, Subtropical Crops and Tea Industry of Georgia Agrarian University Revishvili T.,
Academical Doctor Dolidze B., Engineer-designer Andguladze Z., Academical Doctor Apkhazava D., Scientific Worker Nikolashvili L.
Institute of Tea, Subtropical Crops and Tea Industry of Georgia Agrarian University
Ozurgeti, Anaseuli, Georgia, 3503

Abstract: Optimal parameters of extrusion process are grounded and experimental extruder for processing finely dispersing tea mass is made on the basis of carried out theoretical and experimental researches. Energy and resourcesaving machinery technology of processing granular tea of high quality was worked out and improved on the base of extruder. The main physicomachanical and chemical indicators of initial raw material and granular tea were defined. Considerable superiority of the new energy and resourcesaving technology of processing granular tea compared with the acting one according to quality and chemical composition of made product was established. Parameters of producing granular natural and multicomponent tea with additive of medicinal - nutritional raw materials were worked out at an inversion level.

KEY WORDS: TEA, GRANULATION, EXTRUDER, MACHINE TECHNOLOGY, PHYSICOMECHANICAL AND CHEMICAL INDICATORS

Чайеводство занимает особое место в аграрном секторе Грузии. Одной из разновидностей готового чая является гранулированный, обладающий повышенными качественными показателями и стабильностью при хранении. Гранулирование обозначает принудительное агрегирование чаинок в зерен определенных размеров. Агрегация чая может быть осуществлена путем прессования, окатывания или экструзии вязко-пластического материала. Наиболее эффективным методом в процессе изготовления гранулированного чая является экструдирование и исследованы некоторые его технологические и технические параметры [1-4]. Однако процесс изучен недостаточно и отсутствует специальное оборудование для экструзии и гранулирования мелкодисперсной чайной массы, отвечающим технологическим требованиям и показателям конечного продукта.

Для исследования процесса экструзии и обоснования конструктивных и режимных параметров экструдера необходимо знание поведения материала под действием напряжения сдвига и изменение реологических свойств при течении в каналах отверстия матрицы. Измельченная чайная масса относится к вязко-пластическим телам. Такие материалы под действием напряжения сдвига становятся текучими. Это происходит когда напряжение сдвига τ превышает определенное критическое напряжение вязкого сопротивления θ необходимое для разрушения структуры, т.е.

$\tau - \theta > 0$. При этом структура чайного листа не разрушается мгновенно и полностью. Поэтому зависимость скорости сдвига dv/dt от τ выражается не прямой, а кривой линией. Соответственно кривые течения вязко-пластической массы называются пластическим, а предельное напряжения сдвига θ пределом текучести и выражается формулой:

$$\tau = \theta + \mu \, dv/dt \quad (1)$$

Большое значение при движении измельченной чайной массы имеет длина формирующих отверстий, которые влияют на поверхность получаемого продукта, релаксацию напряжения и энергетические затраты.

Для определения общей потери давления при течении вязко-пластического продукта по каналу цилиндрического отверстия матрицы можно воспользоваться уравнением:

$$P = \frac{Qv}{K} \mu \quad (2)$$

Часть энергии затрачивается на повышение температуры продукта в процессе его экструзии, которую можно определить по следующей формуле:

$$N_{\Delta t} = QvC_{\Delta t} \quad (3)$$

Повышение температуры при движении продукта через каналы цилиндрического сечения происходит за счет внутреннего и внешнего трения и является функцией вязкости и градиента скорости сдвига и определяется формулой:

$$\Delta t = 8\mu v/dc \quad (4)$$

Получена эмпирическая формула для определения плотности в зависимости от коэффициента объемного сжатия и давления экструдирования:

$$\rho = 400 e^{-6,67 \cdot 10^{-8} p} \quad (5)$$

Изучение характера изменения эффективной вязкости измельченной чайной массы при диаметре обрабатываемых отверстий $(2-10) \cdot 10^{-3}$ м и скоростях экструдирования 0,0025-0,022 м/с, получена следующая эмпирическая формула для ее определения:

$$\mu = 37,4 \cdot 10^{-5} d^{1,34} v^{-0,81} \quad (6)$$

Экспериментально определен коэффициент трения измельченной чайной массы по шнеку и цилиндру при различных влажностях и температуре, который находится в пределах: для шнека 0,326 – 0,180, а для цилиндра 0,472 – 0,225.

Определен коэффициент бокового давления, который находится в пределах от 0,38 до 0,43 и получена следующая эмпирическая формула для расчета бокового давления:

$$P_{\delta} = 0,45 P_{oc} - 0,62 \quad (7)$$

На эффективность процесса экструдирования влияют физико-механические и реологические свойства исходного сырья и конструктивные параметры рабочих органов экструдера.

Удельный расход энергии, как количественный критерий оценки экструдирования чайной массы, дает достаточное представление о ходе технологического процесса.

С целью изучения влияния конструктивных параметров экструдера и реологических свойств сырья на удельные энергозатраты был проведен факторный эксперимент. Все значимые факторы, влияющие на процесс разделили на три группы. В первую группу были включены следующие факторы: вязкость – (X_1) , плотность – ρ (X_2), коэффициент трения о шнек – $f_{ш}$ (X_3), коэффициент трения о цилиндр – $f_{ц}$ (X_4).

По первой группе факторов получено следующее уравнение регрессии для удельной энергоемкости процесса экструдирования:

$$N_{уд} = (1,266 + 0,141 X_1 + 8,75 \cdot 10^{-3} X_3 + 6,12 \cdot 10^{-2} X_4 - 1,25 \cdot 10^{-3} X_1 X_3 + 6,25 \cdot 10^{-3} X_2 X_4 - 1,25 \cdot 10^{-3} - 1,25 \cdot 10^{-3} X_1 X_3 X_4) \cdot 10^5 \quad (8)$$

Из анализа полученного уравнения видно, что для снижения удельных затрат необходимо снизить вязкость экструдированного

сырья (X_1) и коэффициент трения о шнек (X_3), а плотность массы (X_2) и коэффициент трения о цилиндр (X_4) увеличивать.

Во вторую группу в качестве факторов выбраны следующие конструктивные параметры экструдера: диаметр шнека - D (X_1), внутренний диаметр шнека - d_1 (X_2), длина шнека - L (X_3), шаг шнека - H (X_4).

По второй группе факторов получено следующее уравнение регрессии для удельной энергоёмкости процесса экструдирования:

$$N_{уд} = (3,1 - 9,197 \cdot 10^{-1} X_1 + 46047 \cdot 10^{-1} X_2 - 5,21 \cdot 10^{-10} X_3 - 1,69 \cdot 10^{-1} X_4 + 1,052 \cdot 10^{-1} X_1 X_2 + 8,49 \cdot 10^{-1} X_1 X_3 - 9,34 \cdot 10^{-1} X_2 X_3 + 1,009 X_1 X_2 X_3 - 1,525 \cdot 10^{-2} X_1 X_4 + 2,775 \cdot 10^{-2} X_2 X_4 + 1,5 \cdot 10^{-3} X_3 X_4 - 5,525 \cdot 10^{-2} X_1 X_2 X_4 + 1,89 \cdot 10^{-2} X_2 X_3 X_4 - 2,15 \cdot 10^{-2} X_1 X_2 X_3) \cdot 10^5 \quad (9)$$

Анализ полученного уравнения показывает, что для достижения снижения удельных энергозатрат необходимо наружный диаметр и шаг шнека увеличивать, а длина и внутренний диаметр шнека уменьшать.

По третьей группе, состоящей из следующих факторов: число оборота шнека - n (X_1), диаметр выходных отверстий - d (X_2), длина формирующих отверстий - l (X_3), зазор между шнеком и цилиндром - λ (X_4), получено следующее уравнение регрессии для определения удельных энергозатрат:

$$N_{уд} = (2,375 + 2,65 \cdot 10^{-1} X_1 - 0,225 X_2 + 0,115 X_3 - 0,0275 X_1 X_2 + 0,00999 X_1 X_3 + 0,0025 X_2 X_3 + 0,0025 X_1 X_2 X_3) \cdot 10^5 \quad (10)$$

К уменьшению удельных энергозатрат ведет уменьшение числа оборота шнека и длины формирующего отверстия.

В результате проведенной оптимизации получены следующие параметры экструдера: диаметр шнека - 0,3 м, внутренний диаметр шнека - 0,1 м, длина шнека - 0,9 м, шаг шнека - 0,12 м, частота вращения шнека - 0,5 с⁻¹, диаметр обрабатывающих отверстий - 0,002 м, длина обрабатывающих отверстий - 0,01 м, скорость экструдирования - 0,03 м/с, давление в экструдере - 0,27 МПа, производительность - 3,8 10^{-3} м³/с, удельные энергозатраты - 8,7 10^{-5} кВт·с/м³.

На основе полученных данных разработаны опытная установка для экструдирования мелкодисперсной чайной массы и машинная технология получения гранулированного чая (рис. 1 и рис.2).

Технологический процесс изготовления гранулированного чая включает следующие стадии обработки: смешивание (купажирование) исходного материала; подготовка связующего агента, включая экстракцию чайных стеблей и волосков, фильтрацию экстракта; ввод связующего агента в купажируемую смесь и перемешивание; экструдирование влажной чайной массы; обезвоживание продукта и сортирование гранул.

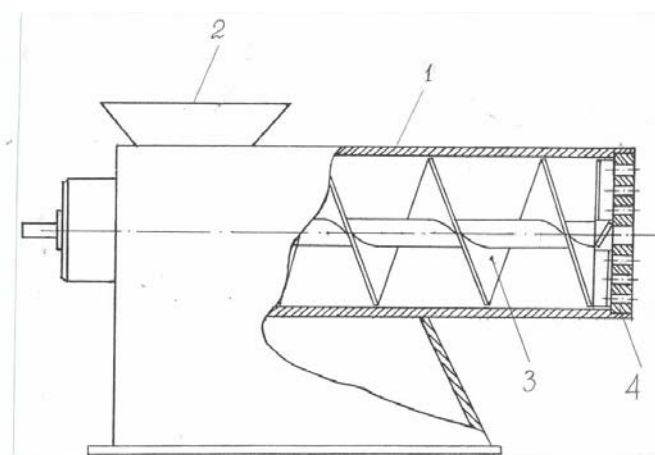


Рис. 1. Схема экструдера

1 – корпус; 2 – бункер; 3 – шнек; 4 – матрица

Подготовка исходного материала предусматривает купажирование компонентов мелкодисперсного чая согласно принятой рецептуре. Экстракцию чайных стеблей и волосков

проводят при температуре 85-90 °С и соотношении ингредиентов 1:8 – 1:10. Водный экстракт с содержанием сухих веществ не менее 2% представляет собой связующий и обогащающий агент. Соотношение массовых долей чая и экстракта составляет 1:(0,7-0,75). Подготовка купажированной массы к экструзии осуществляется в установке непрерывного действия шнекового типа. Влажную чайную массу экструдировать в установленных параметрах и полученные гранулы сушат конвективным методом при температуре 95 – 100 °С. Сортировку сухих гранул осуществляют на стандартных просеивающих ситах, выполняющих возвратно-поступательное движение.

На рис.3 изображена фотография образца готового гранулированного чая.

В таблице 1 представлены результаты анализа качественных показателей опытной и контрольной продукции гранулированного чая, изготовленного по действующей и предложенной технологией соответственно .

Табл. 1. Химические и качественные показатели гранулированного чая

№	Наименование образца	Экстракт, %	Сумма фенольных соединений, %	Ко-феин, %	Балл и сорт
1	Опытный	32,6	9,4	2,0	3,50 Первый
2	Контрольный	30,8	8,7	1,8	3,0 Второй

Данные, приведенные в таблице 1 подтверждают существенное превосходство по качеству и химическому составу разработанной новой энергоресурсосберегающей машинной технологии изготовления гранулированного чая в сравнении с действующей. При подготовке исходного сырья в чайную массу, по установленной рецептуре в процессе смешивания, можно вводить измельченные компоненты лекарственно-пищевого сырья субтропического региона Грузии в целях получения гранулированного чая функционального действия [5].

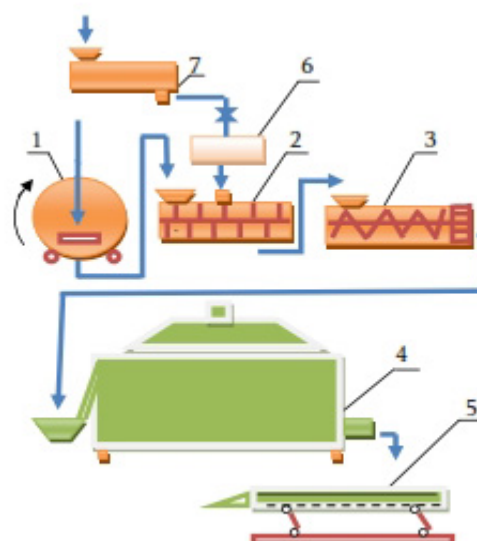


Рис. 2. Схема машинной технологии изготовления гранулированного чая

1 – устройство для смешивания (купажирования) компонентов; 2 – установка для увлажнения и перемешивания; 3 – экструдер; 4 – сушильная машина; 5 – устройство для сортирования гранул; 6 – емкость для чайного экстракта; 7 – аппарат для экстракции



Рис.3. Гранулированный чай

Выводы:

1. Установлена взаимосвязь между параметрами процесса экструзии и физико-механическими и реологическими свойствами чае-сырья.
2. Получены оптимальные параметры и разработана опытная установка для экструдирования чайной массы.
3. Разработана новая, усовершенствованная энергоресурсосберегающей машинная технология изготовления гранулированного чая.
4. На уровне изобретения разработаны параметры изготовления гранулированного натурального и многокомпонентного чая с добавками компонентов лекарственно-пищевого сырья.

Литература:

1. Динджолия Р.Р., Ревшвили Т.О. Комплексная переработка чайного листа. М., «Агропромиздат», 1989. 120с.
2. Гудушаури Э.Г., Ахмедханов Р.С., Долидзе Б.З., Майсурадзе З. А. Исследование процесса экструзии при получении гранулированного чая. // «Субтропические культуры», №6, 1990, с. 51-54.
3. Долидзе Б.З., Гудушаури Э. Г., Ахметханов Р. С. Исследование экструзенной обработки измельченного чайного листа. . // «Субтропические культуры», №1-2, 1991, с. 85-92.
4. Ревшвили Т.О., Долидзе Б.З. Исследование процесса экструдирования чайной массы. // «Субтропические культуры», №1-2, 2004, с. 101-106.
5. Ревшвили Т.О., Орагвелидзе Н.И., Долидзе Б.З., Николашвили Л.Р. Способ производства гранулированного продукта. Патент Грузии, Р 5613, 2012.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

ENERGY SAVING TECHNOLOGY OF GROWING CROPS IN THE SOUTH-EAST KAZAKHSTAN

Сулейменова Н.Ш., доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Казахский национальный аграрный университет
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: naziya44@gmail.com

Филипова М. PhD, доцент
Русенски университет им. Ангел Кьинчева, Русе, Республика Болгария
e-mail: nslivanov@abv.bg

Акылбекова Р.А., PhD, ст.препод.
Казахский национальный аграрный университет
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: akilbekovar@mail.ru

Абилдаев Е.С., PhD докторант
Казахский национальный аграрный университет
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: ergan@yandex.ru

Abstract In this article is set out energy-saving technology of oilseeds cultivation as minimizing tillage (using erosion control instruments) to ensure rational use of energy, restore soil fertility, which is optimized ecological state agro-ecosystems. The substantiation of improvement of eco-phyto-sanitary condition of crops, depending on the use of rational methods of energy-saving technology, which reduces the total cost of energy for 24,3-32,5%, the volume of fuel consumption, which improves productivity and increases crop yield at 21-29 %.

Key words: energy, agricultural, energy saving technology, tillage, minimizing, soybeans, canola, productivity.

KEY WORDS: ЭНЕРГОРЕСУРСЫ, АГРОЭКОСИСТЕМА, ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, МИНИМАЛИЗАЦИЯ, СОЯ, РАПС, УРОЖАЙНОСТЬ.

Актуальность.

В аграрном производстве агроэкосистема, представляет собой механизм устойчивого культивирования природных ресурсов и в корне отличается от других экосистем. Достижения науки в повышении продуктивности агроэкосистем вызывают существенные ресурсо-технологические изменения. Результатами этого являются снижение плодородия почвы, как уменьшение содержания в них гумуса, ухудшения агрофизических факторов - разрушение структуры почвы, переуплотнение ухудшение водного, воздушного, пищевого режимов и биологической активности почвы [1,2,3].

Выше отмеченные экологические проблемы агроэкосистем связаны с выбором технологии возделывания культур зоны земледелия [4]. Поэтому первоочередной задачей выдвигается разработка энергоресурсосберегающих экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. К ним относятся технологии с минимальной, нулевой обработкой почвы с применением элементов интенсивной технологии гербицидов [5,6]. Использование этих элементов при возделывании масличных культур дает возможность существенно снизить затраты энергии на единицу производимой продукции.

На современном этапе в Республике Казахстан, как и во всем мире особый интерес вызывают энергонасыщенные растения, к которым относятся соя, рапс и другие масличные культуры. Данные культуры способствуют решению проблемы обеспечения населения Республики растительным маслом, животноводство - кормовым белком, промышленность - сырьем [6,7,8]. Расширение посевных площадей рапса имеет широкие перспективы и экологическое значение. Необходимо увеличение производства растительного масла, годовое потребление которого должно вырасти с 8,8 до 13,2 кг на душу населения [9,10]. Рапсовое масло приобретает все большее значение в качестве альтернативы дизельного топлива [11,12]. В качестве корма широко используются рапсовый жмых и шрот. Зеленая масса имеет высокие кормовые достоинства, в 100 кг содержится 16 к.ед., 3,0-3,5 кг перевариваемого протеина.

Несмотря на отмеченные достоинства, площади посева рапса на юго-востоке Казахстана невелики. Одним из ограничивающих факторов расширения посевных площадей его является их повышенная требовательность к влаге и особенности климата где, характерная черта - быстрое нарастание тепла в весенний период, приводящее к интенсивному испарению влаги и иссушению верхнего слоя почвы.

В связи с этим весьма актуальной проблемой является необходимость изменения технологии и разработки энергосберегающей технологии возделывания рапса в условиях юго-востока. Поэтому поиск и разработка энергосберегающей технологии возделывания рапса особенно актуальны, поскольку они соответствуют принципам рационального использования ресурсов и повышения продуктивности агроэкосистем орошаемого земледелия юго-востока Казахстана.

Методика и объекты исследования.

Объектом исследования являются соя, рапс и сорные растения. Экспериментальные исследования проведены по общепринятым классическим приемам [13]. Полевые опыты заложены в учебно-опытном хозяйстве «Агроуниверситет» и на территории частной агропромышленной фирмы «Турген» в условиях короткоротационного севооборота со следующим набором: многолетние травы – озимая пшеница – соя – рапс.

Почва опытного поля представляет собой луково-каштановый тип тяжелого механического состава. Почвообразующими породами являются лёссовидные суглинки, глубоко подстилаемые галечниковыми отложениями. Содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 4,38%, которое постепенно убывает с глубиной. Содержание валового азота и валового фосфора высокое – 0,258 и 0,211% соответственно. По обеспеченности доступными элементами питания почвы опытного участка характеризуются как высокообеспеченным азотом (137 мг/кг N_{д.г} и 25 мг/кг N-NO₃) и обменным калием. Содержание подвижного фосфора низкое – 22 мг/кг почвы. Климат района исследований характеризуется как резко континентальный, низкой

влажностью воздуха, обилием солнечного света. короткой, но довольно холодной зимой.

Результаты и обсуждения

Под влиянием традиционной технологии агрофизические показатели почвы подвергаются существенному изменению. При традиционной технологии в варианте отвальной основной обработки почвы происходит изменение структуры почвы в сторону ухудшения, снижается сумма макроагрегатов в пахотном слое почвы. Также при вспашке снижается плотность верхнего слоя почвы, что увеличивает возможность проявления эрозии почвы за счет распыления.

При изучении энерго-ресурсосберегающих технологий возделывания масличных культур нами установлено, что минимализация обработки достигается заменой отвальной основной обработки почвы плоскорезной обработкой на глубину 14-16 см почвы.

Общезвестно, что при возделывании сои необходимы 3-4 кратные междурядные обработки почв в течении вегетационного периода. Поэтому при традиционной технологии возделывания сои в определенной последовательности проводятся более 16 приемов обработки почвы. При ресурсосберегающей технологии количество обработок сокращается до 6 приемов. Такая минимализация обработки почвы обеспечивает улучшение экологического состояния формирования агрофитоценоза, что способствует оптимизации плотности (объемная масса) почвы.

При традиционной технологии объемная масса почвы 0-30 см слоя составила 1,16 г/см³. При минимализации обработки почвы (плоскорезной обработки на гл.14-16 см + Пивот в дозе 0,8 л/га) объемная масса почвы составила 1,21 г/см³, а во втором варианте минимализации (Пивот в дозе 0,8 л/га + Хармони 6 г/га) объемная масса почвы – 1,24 г/см³.

На фоне плоскорезной обработки на глубину 8-12 см объемная масса почвы составила (при одной междурядной обработке с внесением Пивот в дозе 0,8 л/га) составила 1,22 г/см³. В варианте Пивот в дозе 0,8 л/га + Хармони 6 г/га объемная масса почвы составила 1,25 г/см³.

Таким образом, уменьшение числа механических воздействий при ресурсосберегающей технологии способствует оптимизации объемной массы почвы, повышению коэффициента и сохранению структурности почв.

Минимализация обработки почвы обеспечивает сокращение числа обработок почвы в 2 раза, сбережение энергоресурсов в 2-3 раза, обеспечивающее рациональное использование энергоресурсов по сравнению с традиционной технологией. При традиционной технологии возделывания сои проводятся около 16 приемов обработки почвы, а при ресурсосберегающей технологии – сокращается до семи. Уменьшение числа механических воздействий при ресурсосберегающей технологии, обеспечивает устойчивость экологического состояния почвы, стабилизацию строения пахотного слоя почвы. Установлено, что при почвоохранной обработке плотность почвы приближалась к оптимальной равновесной (1,23-1,26 г/см³). Выявлено, что минимальную обработку почвы следует рассматривать как важнейшее условие сохранения потенциального и повышения эффективного плодородия почвы. Восстанавливается агрегатный состав почвы, где коэффициент структурности повышается от 0,65 (при традиционной) до 1,10-1,43 (при ресурсосберегающей), что указывает на хорошую структурность почвы.

Замена междурядной обработки почвы при ресурсосберегающей технологии с внесением малотоксичных доз гербицидов (Пивот, 0,8 л/га и Пивот, 0,8 л/га+Хармони, 6 г/га) обеспечивает улучшение эко-фито-санитарного состояния посевов. Посевы сои характеризуются высокой засоренностью и отличаются преобладанием двулетних и поздних яровых (доля-53,6%) и корневищных (доля-17,0%) сорняков. Соотношение агробиологических групп, указывает на малолетне-корневищный тип засоренности посева сои. При ресурсосберегающей обработке почвы, с уменьшением кратности проведения междурядных обработок и внесением гербицидов,

засоренность посевов резко снижается до 19,2 шт/м², т.е. до уровня экономического порога вредоносности (ЭПВ = 25,4 шт/м²) и повышает урожайность сои на 19,2% по сравнению с традиционной.

При применении минимальной технологии обработки почвы с последующим уменьшением кратности проведения междурядных обработок снижается объем расхода горючего, что приводит к уменьшению затрат совокупной энергии на 24,3-32,5%, повышает производительность труда и увеличивает урожайность культуры на 21-29%.

Литература:

- 1 Проблемы агроэкологии на пороге XXI века: Сборник научных трудов./ КазНИИЗ. – Алматы: РНИ «Бастау», 1998.
- 2 Новая экологически безопасная технология возделывания сои в условиях Нижнего Поволжья / Толоконников В.В., Даниленко Ю.П., Исупова О.В., Седанов Г.В. // Эколого-экономические проблемы экологической политики региона: Материалы круглого стола, Волгоград. 24 дек. - Волгоград. 2002. - С. 29-33.
- 3 Filipova M. V. Methodological aspects of cumulative effects analysis in the evaluation of environmental impact Association Scientific and Applied Research 2012, 319-326
- 4 Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др. Агроэкология Под ред. В. А. Черникова, А.И. Черкеса. М.: Колос, 2000. - 536 с.
- 5 Сулейменова Н.Ш., Райымбекова И.К. Экологические и экономические аспекты ресурсосберегающей технологии сои. Ж. «Исследования, результаты», Алматы, №4 (052), 2011. - С. 107-111.
- 6 Системе ведения сельского хозяйства Алматинской области – Рекомендации – Алматы : ТОО «Нурлы Алем», 2005Власенко А.Н. Научные основы минимализации систем основной обработки почвы в лесостепи Западной Сибири / А.Н. Власенко. - Новосибирск, 1994. - 76 с.
- 7 Беседин Н.В., Соколова И.А.. Значение зернобобовых культур на примере сои в современных системах земледелия. Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 8 (70), 2010. - С. 16-19.
- 8 Сулейменова Н.Ш., Мазиров М.А., Райымбекова И.К. Экологически безопасный прием стабилизации фитосанитарной устойчивости агрофитоценозов в технологии возделывания сои. Ж. «Вестник Алтайского государственного аграрного университета», №3 (89), 2012. С 10-15.
- 9 Бойко А.Т., Карягин Ю.Г. Соя высокобелковая культура.-Алматы, 2004. – 22 с.
- 10 Хусаинов А.Т. Подбор оптимального предшественника при возделывании ярового рапса в условиях Северного Казахстана / А.Т. Хусаинов, Г.Ж. Шайхин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2010. — № 8 (70). — С. 136.
- 11 Артемов И.В. Рапс — масличная и кормовая культура / И.В. Артемов, В.В. Карпачев. — Липецк: ОАО «Полиграфический комплекс «Ориус», 2005. — 144 с.
- 12 Гущина В.А. Продуктивность агроценозов ярового рапса (*Brassica napus oleifera annua*, Metzger) в паровом звене севооборота при различных сроках посева и нормах высева в условиях лесостепи Среднего Поволжья / В.А. Гущина, А.С. Лыкова // Нива Поволжья. — 2009. — № 4(13). — С. 7-11.
- 13 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

PROBLEMS OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY, DEVELOPMENT PROSPECTS

Post graduate student Kashapov I., Doctor of Technics professor Ziganshin B., PhD of Technics associate professor Valiev A.,
Doctor of Technics professor Yahin S., PhD of Technics associate professor Mustafin A.
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Abstract: *Almost a third of the world's consumption of fuel and energy resources make up the loss, that is inappropriately expended energy. It is impossible to completely eliminate the inefficient use of resources and energy. However, the implementation of energy saving programs and integrated application of energy efficient technologies leads to a reduction in the consumption of fuel and energy resources. Russia's place in the field of energy efficiency among the economically developed countries are not the most promising, and it is determined by different factors.*

KEYWORDS: ENERGY SAVING, ENERGY RESOURCES, ENERGY EFFICIENCY, TECHNOLOGY, PROGRESS.

1. Введение

Энергосбережение и энергоэффективность – одни из основных направлений развития мировой экономики и входят в пятерку стратегических направлений приоритетного технологического развития России.

Как известно, из всего мирового потребления энергии 37% приходится на производственную сферу (промышленность, в т.ч. горнодобывающая, сельское хозяйство, строительство); 20% – на транспорт; 11% – на личное отопление, освещение и электроприборы; 5% – на коммерческое потребление [1].

Почти треть от общего потребления составляют те или иные потери, т.е. энергия расходуется не по назначению. Полностью исключить нерациональное использование ресурсов и энергии, очевидно, практически невозможно. Мы можем лишь стремиться к более рациональному использованию и сокращению потребления топливно-энергетических ресурсов путем реализации программ по энергосбережению и комплексному применению энергоэффективных технологий.

2. Предпосылки и средства для решения проблемы

Такие компании, как Международное энергетическое агентство (МЭА), Международное партнёрство по сотрудничеству в области энергоэффективности (ИРЕЕС), Управление энергетической информации США (EIA), Европейское агентство по окружающей среде (ЕЕА) и др. ведут учет по потреблению мировых ресурсов и публикуют результаты энергоэффективности в мире.

На сегодняшний день Россия занимает последнее место по показателям энергоэффективности среди стран бывшей «Большой восьмерки» (G8). Поэтому в последние годы приняты различные государственные программы субсидирования и финансирования проектов, направленных на энергосбережение, в 2009 году принят закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», утверждены одноименные региональные программы. Российская Федерация имеет значительный потенциал по уменьшению энергоёмкости Валового внутреннего продукта – запланировано сокращение энергозатрат до конца 2020 года до 40% по сравнению с 2007 годом [2].

По данным Министерства энергетики России, Государственная программа энергосбережения и повышения энергоэффективности выполняется с отставанием в 2-2,5 раза [3]. Обязательные энергетические обследования, целью которых выступает составление мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности, проводятся некачественно, механизм энергосервисных контрактов массово

не заработал, внедрение энергоэффективных технологий встречает множество барьеров.

Энергоемкость валового регионального продукта Республики Татарстан в полтора раза выше среднемирового уровня и в 2-2,5 раза выше, чем в развитых странах [11]. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности является одной из приоритетных задач в развитии экономики республики.

3. Результаты и дискуссия

Одной из главных причин того, что энергоэффективные технологии в РФ распространяются медленно, является отсутствие заинтересованности у конечного потребителя: домовладельцы в должной степени не осведомлены о возможностях модернизации жилья; коммунальные хозяйства не располагают достаточными средствами для вложения в мероприятия, приносящие весомый эффект; владельцы предприятий не готовы финансировать инновационные проекты. Такие технологии, как тепловые насосы или солнечные коллекторы, недоступны для большинства управляющих компаний в стране. Недорогое топливо – главная причина высокой энергоёмкости ВВП. Из-за того, что цены на энергию в РФ в 3-7 раз ниже, чем в государствах Западной Европы [4], такие технологии, как тепловые аккумуляторы, тепловые насосы, ветряные электростанции и пр., не находят должного распространения. Для промышленного предприятия проще построить новую котельную и сжигать недорогой природный газ, чем вкладывать средства в крупнозатратные проекты с огромным сроком окупаемости.

В развитии энергосберегающих технологий ключевую роль играет государство, и от того, как оно себя поведет, зависит будущее энергоэффективности страны. Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» требует соответствия всех зданий показателям энергоэффективности, обязывает иметь коммерческие приборы учета потребления энергоресурсов. Для предприятий, реализующих энергосберегающие технологии, предусмотрен механизм субсидирования, предоставление льгот на налоговый вычет и возмещение процентов по кредитам на внедрение проектов энергосбережения [5].

Энергоэффективностью обеспокоены и в Международном энергетическом агентстве (МЭА). С целью поддержать правительства государств в вопросах контроля над осуществлением стратегий и мер в области энергоэффективности МЭА рекомендовало принять широкий круг конкретных политических мер по повышению энергоэффективности стран и, в частности, России. Комплекс рекомендаций касается двадцати пяти сфер деятельности в семи ключевых областях: межотраслевая деятельность, бытовые приборы, здания, освещение, транспорт, промышленность и системы электроснабжения [6].

Вот примеры стран, которые сегодня занимают передовые места в мире по энергосбережению. Финляндия – одна из самых энергоэффективных стран в Европе – занимает первое место в мире по использованию биоэнергии. Доля используемой финнами возобновляемой энергии, составляющая сегодня 30%, к 2020 году вырастет до 38%. В Финляндии существуют государственные механизмы субсидирования покупок новых технологий, льготы по налоговым вычетам. Высокие тарифы на энергию и государственная пропаганда энергосбережения побуждает финнов повсеместно экономить ресурсы и использовать только экологичную продукцию. Многие здания используют гибридное отопление – симбиоз электроотопления, грунтового тепла, солнечной энергии, биотоплива, тепла воздуха.

Наиболее выигрышное положение в сфере энергоэффективности по сравнению с другими странами занимает Дания. Благодаря разумной энергетической политике, при экономическом росте с 1981 года на 75%, расход энергии изменился незначительно. Дания инвестировала средства на энергоэффективные решения и возобновляемые источники энергии. В то же время, налоговые льготы для предприятий позволяют компаниям самостоятельно принимать альтернативные решения энергоснабжения. Большое количество датских компаний является элитой мирового бизнеса. Они уверенно сохраняют за собой первенство в экологическом усовершенствовании производства и продукции, которое стало основой политики многих крупных корпораций. Более того, датские заводы, расположенные в других странах, не изменяют своим принципам экологичности и энергоэффективности. Такая политика находит поддержку у правительства Дании, что благоприятно сказывается на взаимоотношениях между компаниями и обществом.

Германия – яркий пример тех стран, где финансирование энергосберегающих проектов осуществляется не государством, а банками и крупными компаниями. DENA – Немецкое Энергетическое Агентство, учредителями которого являются Правительство Германии, государственная банковская группа KfW. DENA развивает рынки энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии в сотрудничестве с политическими, экономическими и общественными силами. Германия – страна, наиболее активно использующая энергосберегающие технологии и альтернативную энергетику. Частные инвесторы имеют возможность размещения на крышах общественных зданий более 100 тыс. м² солнечных батарей и передачи полученной энергии в городские сети. С 2011 года администрацией Берлина запрещено закупать для своих нужд автомобили с потреблением бензина свыше 5 л. на 100 км пробега.

Энергосбережение и энергоэффективность в США входят в число приоритетных задач государства, которое понимает энергосбережение как способ уменьшения энергозависимости страны, сокращения количества ввозимых нефтепродуктов, переход на возобновляемые источники энергии. Потребитель энергии в США идет по одному из двух возможных путей взаимодействия с государством: либо он выполняет все требования законодательных пунктов по энергосбережению, либо платит штрафы за невыполнение этих требований. В 1992 году был принят закон об энергетической политике, в котором были обозначены главные задачи по энергосбережению в США. Согласно нему потребители энергоресурсов стали обязаны разрабатывать и согласовывать с администрацией региона план потребления предоставляемых ему энергетических ресурсов. Как и в большинстве европейских стран, в США на законодательном уровне прописано субсидирование, различное финансирование энергосберегающих мероприятий. Существует ряд программ, направленных на повышение энергоэффективности [7]: программа, оплачивающая расходы по ремонту зданий, принадлежащих семьям с низким доходом; программа по модернизации государственного жилья, принадлежащего Министерству жилищного строительства и городского

развития США; программа предоставления скидок для потребителей, покупающих энергосберегающее оборудование; гранты штатам и местным органам власти для поддержки реализации энергосберегающих проектов в государственных зданиях; программа поддержки Федеральной администрации по пассажирским перевозкам, в частности местным службам общественного транспорта с целью финансирования проектов по энергосбережению и расширению возможностей систем общественного транспорта; программа по увеличению налоговых льгот для физических лиц и компаний, которые реализуют энергосберегающие мероприятия на своих объектах недвижимости [8].

Рынки развивающихся стран подхватили замедлившийся темп развития возобновляемых источников энергии в Европе и США. Так, в Азиатском регионе было введено в эксплуатацию более половины солнечных станций, построенных в мире в 2013 году [9].

На сегодняшний день Китай является одной из наиболее динамично развивающихся стран в сфере внедрения энергоэффективных технологий. К концу 2014 года намечен пуск комплекса солнечных энергоустановок суммарной мощностью 10 ГВт [10]. Для сравнения, установленная мощность самой крупной электростанции в России – Саяно-Шушенской ГЭС – 6,4 ГВт. Столь впечатляющая энергоустановка – не единственный проект в стране. В Китае на развитие альтернативных источников энергии направлена работа целого Департамента новых энергоносителей и возобновляемой энергетики Государственного управления по делам энергетики. В 12-ом пятилетнем плане развития КНР содержатся мероприятия по снижению выбросов, повышению энергоэффективности экономики и обеспечению стабильных и надежных поставок энергоресурсов. Меры правительства Китая, направленные на улучшение показателей экологичности городских условий, способствовали появлению на дорогах страны около 150 миллионов электрических двухколесных транспортных средств и использованию электроавтобусов в системе городского транспорта.

Согласно программе энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Республике Татарстан, к 2020 году заявлено снижение энергоемкости валового регионального продукта на 40% относительно уровня 2007 года и 30,8% - относительно 2010 года. Поставленная цель достигается за счет повышения энергетической эффективности и конкурентоспособности за счет технической и технологической модернизации; предынвестиционной подготовки и создания благоприятных условий для реализации проектов и мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности; внедрения научных разработок и инновационных технологий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности; развития информационного обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности [11].

По итогам 2014 года значение энергоемкости валового регионального продукта снизилось по отношению к 2007 году на 23,2% [12]. Основными направлениями деятельности послужили оптимизация рабочих процессов на крупных промышленных предприятиях, энергетические обследования с последующей реализацией инвестиционных программ, модернизация устаревшего энергетического оборудования.

4. Заключение

Исходя из опыта мировых стран-лидеров мы видим, что основную роль в развитии энергосберегающих технологий играет государство. В зависимости от того, какое направление выберет правительство, следует ожидать результат энергосбережения в стране.

В 2010 году МЭА выразило обеспокоенность по поводу того, что высшие должностные лица России не уделяют должного внимания повышению энергоэффективности [6].

Действительно, закон «Об энергоэффективности...» сам по себе никак не преодолевает всех препятствий на пути к более энергоэффективному и экологически чистому будущему России, а является лишь стартовым механизмом. Приходится констатировать, что с апреля 2010 года Министерство финансов России сократило расходы по программе «Энергосбережение и повышение энергоэффективности на период до 2020 года», федеральное субсидирование регионов не осуществляется, бюджетное финансирование сокращено в три раза. Осталась лишь государственная поддержка в получении кредитов на внедрение энергосберегающих мероприятий [13]. Таким образом, российское общество лишено главного рычага развития энергоэффективности в стране – поддержки государства.

5. Список использованной литературы:

1. International Energy Outlook 2014. United States Department of Energy, Washington, DC [Электронный ресурс] // US EIA – 2014 <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm> – Режим доступа: свободный – Загл. с экрана. (30.11.2014).
2. Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 "О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики;
3. Серебряков Д. Иннопром. Куда идем? // Энергоаудит и Энергосервис. –2014. – №4 (32). – С. 5.
4. Богданов А.Б. Национальные показатели энергоэффективности России [Электронный ресурс] // Пронедра – 2012 <http://pronedra.ru/alternative/2012/04/09/energoberegayuschie-tehno-logii/> – Режим доступа: свободный – Загл. с экрана. (30.11.2014).
5. Громова У. Энергосберегающие технологии в России и за рубежом [Электронный ресурс] // Некоммерческое партнерство инженеров – 2014 <http://www.abok.ru> – Режим доступа: свободный – Загл. с экрана. (30.11.2014).
6. Ход выполнения политики энергоэффективности в странах «Большой восьмерки»: В центре внимания Россия. [Электронный ресурс] // EIA – 2014 <http://www.iea.org/media/translations/russian/> – Режим доступа: свободный – Загл. с экрана. (30.11.2014).
7. Американская программа энергосбережения [Электронный ресурс] // Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности <http://gisee.ru/law/abroad/47008/> – Режим доступа: свободный – Загл. с экрана. (30.11.2014).
8. Американская программа энергосбережения [Электронный ресурс] // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» http://esco.co.ua/journal/2010_9/art088.htm – Режим доступа: свободный – Загл. с экрана. (30.11.2014).
9. Energy Technology Perspectives 2014 // EIA – 2014 – С. 5.
10. Энергосбережение в Китае: современный взгляд [Электронный ресурс] // Информационное агентство 365 дней – 2014 – Режим доступа: <http://365news.biz/news/tehnologii/4303-energoberezhenie-v-kitae-sovremenny-vzglyad.html> – свободный – Загл. с экрана. (30.11.2014).
11. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 04.12.2013 г. № 954 «Об утверждении Государственной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Татарстан на 2014 – 2020».
12. Ресурсоэффективность – основа повышения конкурентоспособности республики // Ресурсоэффективность в Республике Татарстан, Специальный выпуск/2015 – С. 3-4.
13. Кашапов И. Энергосбережение и энергоэффективность. Перспективы развития в России и мире // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы. Казань, 2015, с. 175-181.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В БИОРЕАКТОРЕ

Д-р техн. наук В.И. Барков.

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства»,
Республика Казахстан

MODELING OF MICROBIOLOGICAL PROCESS IN THE BIOREACTOR

V.I. Barkov Doctor of Technical sciences.

LLP «Kazakh scientific research institute mechanization and electrification of agriculture», Republic of Kazakhstan

E-mail: kazniimesh@yandex.kz

Резюме: Получены результаты теоретического расчета выхода биогаза в психрофильном, мезофильном и термофильном режимах, а также при комбинированном сбраживании субстрата. На основании полученных данных разработана усовершенствованная технология комбинированного сбраживания сельскохозяйственных биоотходов. Это позволит получить исходные данные для разработки новых конструктивно-технологических схем биогазовых установок, которые позволят повысить эффективность переработки отходов животноводства за счет интенсификации процесса биоконверсии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТЕХНОЛОГИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ, БИОГАЗОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, БИОРЕАКТОР, БИОГАЗ, ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ.

Abstract: The results of theoretical calculation of biogas yield in psychrophilic, mesophilic and thermophilic conditions, as well as in the combined fermentation of the substrate. Based on these data, the advanced technology combined fermentation of agricultural biowaste. This will provide baseline data for the development of new structural and technological schemes of biogas plants that will improve the efficiency of processing animal waste due to the intensification of the process of bioconversion.

KEYWORDS: TECHNOLOGY BIOLOGICAL TREATMENT, BIOGAS TECHNOLOGY, BIOREACTOR, BIOGAS, ORGANIC FERTILIZERS.

1. Введение

Основа управления биосинтетической активностью микроорганизмов – реакция микробной клетки на изменение внешних условий. Поэтому для разработки технологий переработки сельскохозяйственных отходов необходимо исследовать, как влияют на кинетику метаногенеза параметры состояния системы. Это позволит получить исходные данные для разработки конструктивно-технологической схемы высокопроизводительного оборудования для биогазовых технологий [1,2].

2. Предпосылки и средства для решения проблемы

2.1. Теоретическая модель

Физические макроскопические величины, характеризующие состояние системы, являются параметрами ее состояния. В качестве параметров состояния отдельных элементов моделируемого объекта рассматривают температуру субстрата, скорость биохимических реакций, концентрацию водородных ионов (pH), время протекания процесса.

Конструктивные характеристики изучаемого объекта – это геометрические размеры: длина, ширина, высота, диаметр, площадь поверхности и объем биореактора и газгольдера.

Величины удельной скорости роста культуры и скорости разбавления культуры представляют собой расходные характеристики.

Все физические величины, используемые для математического описания микробиологического процесса, подразделяются на 2 группы - переменные и постоянные. К переменным относятся температура окружающей среды и скорость разбавления культуры, продолжительность стадий кислотного и щелочного сбраживания и выход биогаза. Постоянные физические величины – это теплоемкость, плотность и вязкость субстрата.

При биологических окислительно-восстановительных процессах, к которым относится и метановое брожение, концентрация водородных ионов (pH) значительно влияет на активность ферментативных реакций. Специалисты считают, что оптимальное значение pH для метановых бактерий – 7...7,6, расширение этого интервала до 6,5 снижает выход биогаза на 30...40%, а до 6 – почти полностью тормозит развитие метановой микрофлоры [2,3,4].

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.

Модель микробиологического процесса можно представить в виде уравнения, описывающего скорость роста культуры микроорганизмов в субстрате [2].

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

где x – количество микроорганизмов 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.

В случае, если

$$V_{\text{разб}} = V_{\text{рост}}, \text{ то } \frac{dx}{d\tau} = 0, \quad (2)$$

следовательно, количество микроорганизмов в субстрате остается постоянным.

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

$$V_{\text{разб}} < V_{\text{рост}}, \text{ тогда } \frac{dx}{d\tau} \geq 0. \quad (3)$$

Зависимость скорости роста культуры микроорганизмов от температуры среды описывается эмпирической формулой [2]

$$V_{\text{рост}} = 0,013 \cdot t - 0,129, \text{ сут}^{-1}, \quad (4)$$

где t – температура процесса, °C.

Тогда:

- при психрофильном режиме ($t=20^{\circ}\text{C}$) $V_{\text{рост}}=0,131 \text{ сут}^{-1}$,
- при мезофильном режиме ($t=30^{\circ}\text{C}$) $V_{\text{рост}}=0,261 \text{ сут}^{-1}$,
- при термофильном режиме ($t=55^{\circ}\text{C}$) $V_{\text{рост}}=0,586 \text{ сут}^{-1}$.

С другой стороны, скорость роста зависит от скорости разбавления, которая, в свою очередь, зависит от дозы загрузки биореактора субстратом [5] $V_{\text{рост}} = f(D)$

$$D = \frac{Q_{3C}}{Q_{CB}} 100, \quad (5)$$

где Q_{CB} - масса субстрата в биореакторе; Q_{3C} - масса загружаемого субстрата.

Таким образом, анализ зависимостей (1)...(5) позволяет сделать вывод, что скорость роста микроорганизмов зависит от температуры, дозы загрузки, времени протекания процесса (экспозиции), стадии процесса брожения и бактериального состава ассоциации микроорганизмов.

Тогда целевую функцию для процесса образования биогаза целесообразно представить в виде кинетической модели Конто [2]

$$B = B_{\text{ПРЕД}} C_{\text{ОВ}} \left(1 - \frac{K}{V_{\text{рост}} \tau - 1 + K}\right) \rightarrow \max, \quad (6)$$

где B - выход биогаза с 1 м³ объема биореактора, м³/м³; $B_{\text{ПРЕД}}$ - предельный выход биогаза на единицу массы субстрата при бесконечно большой продолжительности процесса, м³/кг; $C_{\text{ОВ}}$ - концентрация органического вещества в субстрате, %; τ - продолжительность сбраживания, сут; K - кинетический параметр процесса.

Результаты теоретического расчета выхода биогаза в психрофильном, мезофильном и термофильном режимах, а также при комбинированном сбраживании субстрата в термофильном и мезофильном режимах приведены таблице 1.

Таблица 1 – Выход биогаза в психрофильном, термофильном, мезофильном и комбинированном режимах.

Температурный режим	Скорость роста микроорганизмов, $V_{\text{рост}}$, сут ⁻¹	Предельный выход биогаза, $B_{\text{ПРЕД}}$, м ³ /кг	Содержание органического вещества, $C_{\text{ОВ}}$, %	Выход биогаза с 1 м ³ биореактора, B , м ³ /м ³
Психрофильный	0,13	0,09...0,18	8,4	0,6...1,2
Мезофильный	0,26	0,18...0,4	8,4	1,2...2,16
Термофильный	0,58	0,32...0,6	8,4	2,16...4,13
Термофильный и мезофильный	0,26...0,58	0,18...0,6	8,4	3,36*...6,26**

Анализ полученных данных показывает, что при принятых условиях выход биогаза в термофильном режиме может составлять 2,16...4,13 м³/м³, в мезофильном режиме, соответственно - 1,2...2,16 м³/м³ и в психрофильном – 0,6...1,2 м³/м³, а при одновременном сбраживании субстрата в термофильном и мезофильном режимах - 3,36...6,26 м³/м³.

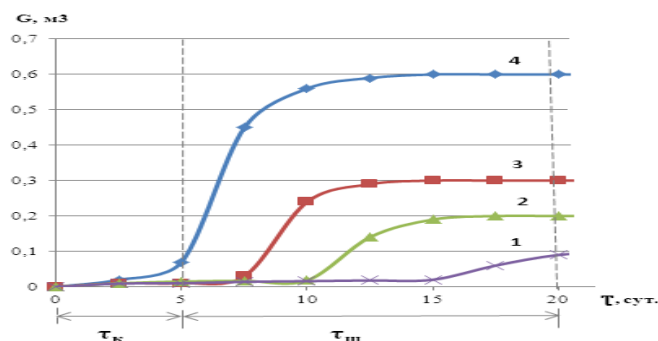
2.2. Экспериментальная установка

Данные теоретических исследований были проверены на лабораторной биогазовой установке с реактором объемом 0,5 м³. Результаты приведены на рисунке 1, где показана зависимость интенсивности процесса сбраживания биомассы от дозы загрузки в мезофильном и термофильном режимах.

Полученные данные говорят о том, что при изменении дозы загрузки биомассы от 3 до 20% удельный выход биогаза составляет для мезофильного режима 0,2...1,2 м³/м³ в сутки и для термофильного режима 0,4...2,16 м³/м³ в сутки. 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 брожения следующие: температура – 30...35 °С, время экспозиции – 3...5 суток, доза загрузки – не менее 20%.

Результаты лабораторных исследований в двухкамерного биореактора (таблица 2) показали, что кислотная стадия протекает при температуре 34°С, продолжается 3...5 суток, затем брожение переходит в щелочную стадию. Щелочная

стадия характеризуется интенсивным выделением биогаза, наиболее эффективно протекает в термофильном режиме при температуре 53 °С, время экспозиции – 7...15 суток, доза загрузки – 10...12%, выход биогаза составляет 2,1...3,4 м³/м³.



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; $\tau_{щ}$ - время экспозиции в стадии щелочного брожения.

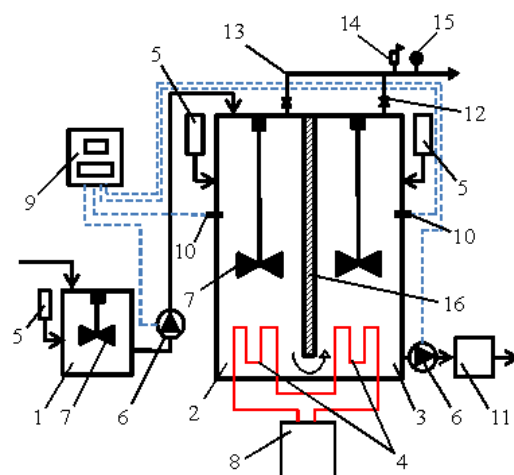
Рисунок 1 – Зависимость продолжительности стадий кислотного и щелочного сбраживания и выхода биогаза от дозы загрузки биомассы в биогазовую установку с объемом реактора 0,5 м³

Таблица 2 – Результаты испытаний двухкамерного биореактора

Температурный режим в камерах биореактора	Доза загрузки камер, %	Время экспозиции, сут	Кислотность субстрата, pH	Выход биогаза с 1 м ³ биореактора, B , м ³ /м ³
Камера кислотного сбраживания- 34°С	15...20	3...5	4,8...7,2	-
Камера щелочного сбраживания- 53°С	10...12	7...10	6,7...7,7	2,1...3,4

2.3 Средства решения проблемы

На основании результатов исследований разработана усовершенствованная технология анаэробной переработки отходов (рисунок 2).



1- емкость для предварительной подготовки сырья; 2-камера кислотного брожения; 3-камера щелочного брожения; 4 – двухсекционный теплообменник; 5 - дозатор; 6 - фекальный насос; 7 – автоматическая мешалка; 8 - топливный котел; 9 – контроллер; 10 – датчики температуры; 11 – резервуар-накопитель готового удобрения; 12 – вентиль; 13 – газопровод; 14 – аварийный клапан; 15 – манометр 16 – перегородка.

Рисунок 2 - Технология переработки отходов

Предложенная технология включает в себя следующие операции:

1. Навоз поступает в емкость 1, в которой выполняется функция предварительной подготовки субстрата:

- гомогенизация субстрата с помощью мешалки 7;
- химическая обработка (дозатор 5);
- обработка комплексом гидролитических групп микроорганизмов (дозатор 5);
- выдерживание при температуре процесса.

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.

2. В камере 2 реализуется функция кислотного сбраживания субстрата в мезофильном режиме: доза загрузки 15...20%; кислотность pH = 4,8...7,2; температура 32...40°C; продолжительность экспозиции $\tau = 3...5$ сут.

Регулирование процесса сбраживания производится применением стимулирующих добавок метанола, ацетата или целлюлозы через дозатор 5. Бактериальный состав регулируется внесением штаммов активных ассоциаций микроорганизмов.

3. В камере 3 реализуется функция щелочного брожения субстрата (метаногенез) в термофильном режиме: доза загрузки 10...12%; кислотность pH = 6,7...7,7; температура 50...55°C; продолжительность экспозиции $\tau = 7...15$ сут.

Регулирование процесса сбраживания производится применением стимулирующих добавок и введением штаммов эффективных микроорганизмов, содержащих, например, метаногенерирующие культуры *Methanobacterium omelianskii* и *Methanococcus mazei* (дозатор 5).

4. В камерах 2 и 3 расположены секции теплообменника соединенного технологическими трубопроводами с топливным котлом 8 и служат для нагрева биомассы до заданной температуры процесса в каждой камере. Камеры 2 и 3 разделены перегородкой с теплоизолирующим экраном, которая обеспечивает поддержание мезофильного и термофильного режимов в камерах с различной температурой. Таким образом, в камерах биореактора создаются две зоны нагрева биомассы с различной температурой, что позволяет интенсифицировать процесс анаэробной переработки.

5. Время экспозиции субстрата в камерах 2 и 3 регулируется соотношением их объемов – $V_K / V_{Щ}$, поскольку процесс в кислотной фазе идет значительно интенсивнее, чем в щелочной фазе, то объем камеры кислотного 2 брожения принимается меньше, камеры щелочного 3 брожения в 2,3...3 раза.

Таким образом, разработанная технология анаэробной переработки отходов позволяет интенсифицировать процесс сбраживания. Например, в камере 2 объемом 1,5 м³ при дозе загрузки 20% кислотная фаза процесса протекает при мезофильной температуре и продолжается 72 часа (3 сут), а в камере 3 объемом 3,5 м³ при дозе загрузки 10% щелочная фаза процесса протекает при более высокой термофильной температуре 55°C и продолжается 168 часов (7 сут).

Удельный расход электроэнергии на нагрев составляет 3,5 кВт·ч/т, что ниже, чем биогазовой установки БУ-5 с однокамерным биореактором – 4,55 кВт·ч/т, следовательно энергозатраты снижены в 1,3 раза.

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

На базе данной технологии разработана новая конструктивно-технологическая схема двухкамерного биореактора, защищенная инновационным патентом [6].

3. Заключение

Моделирование микробиологического процесса в биореакторе позволило обосновать оптимальные температурные режимы в кислотной и щелочной стадиях сбраживания субстрата: температура – 30...35 °C и 50...55 °C, соответственно, а также обосновать время экспозиции: 3...5 суток и 7...15 суток, соответственно, и дозы загрузки камер биореактора – 15...20% и 10...12%.

Разработанная усовершенствованная технология биологической обработки отходов позволяет повысить эффективность конверсии отходов и агротехнические свойства получаемых органических удобрений, производительность установки, снизить энергоемкость процесса.

Таким образом, можно обеспечить эффективное использование биогазовых установок на животноводческих фермах и реализовать блочно-модульный принцип комплектации оборудования.

4. Литература

- 1 Барков В.И. Совершенствование технологии биологической обработки сельскохозяйственных отходов. /Материалы II международной научно-технической конференции «Машины для сельского хозяйства», Варна, 2014.- С. 82-84
- 2 Дубровский В.С., Виестур У.Э., Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. – Рига: Зинатне, 1988. -204с.
- 3 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.
- 4 Redoxpotential als Messgroße für Biogasanlagen. Euroheat and Power. 2012. 41, №6, с.71.
- 5 Барков В.И. Результаты испытаний биогазовой установки в фермерском хозяйстве// Материалы VII международной научно-практической конференции «Будущие исследования», Т.13. София изд.: Бял ГРАД-БГ ООД. – 2011. – С. 58-62. (Токмолдаев А.Б., Аблианов В.А., Сарыбаев Б.А.).
- 6 Инновационный патент №23450 Республика Казахстан, МПК C02F11/04. Биореактор /Сеитбеков Л.С., Барков В.И., Токмолдаев А.Б., Аблианов В.А. опубл. 15.12.2010, бюлл. №12. – С. 4.