

брикетів на 2 ступені для різного кількості шарів брикетів. Предложено використання інфрачервоної сушки.

**Ключевые слова:** охолодження, паливні брикети, солома, сушка, вологість, температура, інфрачервона сушка, випромінювання, сушильна установка, витрати електроенергії.

#### **Semirnenko U., Semirnenko S. Cooling and drying briquettes of winter wheat straw**

The straw is difficult to use as a raw material for direct burning both stages of collection, transport and storage, and at the stage of direct combustion. This is due to the heterogeneity of straw, high humidity, low volumetric energy content and other factors. For leveling these negative factors used grinding while mixing, drying and briquetting. The most energy intensive of these factors is drying. Currently, in order to reduce humidity drying straw briquettes using its briquetting.

The use of effective methods of drying pellets through its own heat, resulting in their manufacture will reduce the cost of production of briquettes will increase their calorific value, reduce the amount of harmful emissions into the environment during their combustion significantly reduce the cost of briquettes. If necessary, the final drying is performed with straw due to supply additional heat.

To test whether the cooling and drying briquettes from wheat straw by the heat from the heat when pressing, determine the need for additional heat supply and confirm the theoretical calculations were carried out relevant experiences. According to the results of the experimental data constructed depending on the initial moisture briquettes their input humidity at the conclusion of briquettes in one and two layers of bricks and heating temperature in the second degree for different numbers of layers pellets. Proposes the use of infrared drying.

Analyzing the dependence can establish that the consumption of electricity or heat for drying radiation increases with increasing temperature difference between the irradiated surface of the cake and the environment, with an increase in the total heat transfer coefficient with increasing ratio of area S and the reduction rate and the absorption of heat radiating surface, which also depends the location of lamps emitting in the drying plant.

Out of the studies established the optimal number of layers pellets to reduce costs for drying bricks. Proposed for final drying bricks, if necessary, the use of infrared drying. In work are presented the factors that affect the cost of electricity to dry fuel pellets.

**Keywords:** cooling, briquettes, straw, drying, humidity, temperature, infrared drying, radiation, drying plant, consumption of electrical energy.

Стаття надійшла в редакцію 20.09.2014р.

Рецензент: д.т.н., професор Кочмола М.М.

УДК 666.9:664.1/.2

#### **РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА УТИЛІЗАЦІЯ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗЯНОГО КРОХМАЛЮ**

**В. П. Дмитриков**, д.т.н., професор, Полтавська державна аграрна академія,

**А. Б. Шестозуб**, к.х.н., доцент, Дніпродзержинський державний технічний університет

**М. Й. Кравченко**, к.х.н., доцент, Сумський національний аграрний університет

Наведено результати досліджень по утилізації відпрацьованої сульфатної кислоти яка є вторинною сировиною цеху гідролізу кукурудзяного крохмалю. Проаналізовані різні напрямки утилізації сульфатної кислоти і як результат запропонована загальна схема технології переробки кислоти шляхом її нейтралізації кальцієвими солями вугільної кислоти. Впровадження представленої схеми в виробничий процес вирішує важливу екологічну проблему запобігання забрудненню ґрунтів та водоймищ кислими хімічними речовинами, до яких відноситься хімічно активна сульфатна кислота. Поряд з цим кінцевим продуктом нейтралізації буде одержаний необхідний будівельний промисловості гіпс. Вироби із гіпсу мають значно кращі показники по вогнестійкості, тепло і звукопровідності та інше в порівнянні з цементними виробами. Простота і екологічність одержання та переробки гіпсових матеріалів супроводжується значно нижчими витратами палива, електричної енергії, значно нижчим капіталовкладенням і металоємністю в порівнянні з традиційними цементними виробами, що важливо для організації підприємств середньої і малої потужності. В умовах ринкової економіки підприємства, що переробляють аграрну продукцію ведуть інтенсивний пошук можливостей утилізації побічної продукції, яка утворюється в результаті основного виробництва, тим самим економічні показники таких виробництв покращуються, знижується собівартість продукції, підвищується її конкурентоспроможність.

Розроблений спосіб переробки сульфатної кислоти є безвідходним, ресурсозберігаючим і еко-

логічно безпечним.

**Ключові слова:** вапняк, гідроліз, крейда, кукурудзяний крохмаль, реакція нейтралізації, сульфатна кислота, утилізація, ресурсозберігання, будівельний гіпс.

**Постановка проблеми.** Велика кількість підприємств хімічної, нафтохімічної, паперової, фармацевтичної та інших використовують продукти гідролізу крохмалю, як то розчинний крохмаль, глюкозу та інші. Створення і впровадження прогресивних технологій одержання та переробки крохмалю та крохмалепродуктів, а також використання вторинної сировини головного підприємства для одержання додаткової продукції, дає можливість підвищити ефективність роботи агропромислового комплексу України [1].

Підприємства що працюють над питаннями утилізації вторинних відходів основного виробництва значно покращують економічні показники: знижується собівартість продукції, підвищується її конкурентоспроможність. В більшості нинішних виробництв одержання крохмалю та його переробка не зовсім відповідають сучасним вимогам в результаті кінцева продукція таких підприємств має низький рівень конкурентоспроможності на світовому ринку, а проблеми утилізації відходів виробництва далекі від остаточного рішення [6].

Істотно, що в умовах ринкової економіки підприємства що переробляють аграрну продукцію ведуть інтенсивний пошук можливостей утилізації побічної продукції, яка утворюється в результаті основного виробництва. Для цеху гідролізу крохмалю важливим є виведення відпрацьованої сульфатної кислоти із процесу з подальшою її нейтралізацією кальцієвими солями вугільної кислоти з одержанням продукту нейтралізації будівельного гіпсу. Гіпсові вяжучі одержані в результаті нейтралізації, як зазначалось мають значні переваги в порівнянні з широко вживаною продукцією цементних виробництв [3].

Простота і екологічність одержання та переробки гіпсових матеріалів супроводжується значно нижчими витратами палива, електричної енергії, значно нижчим капіталовкладенням і металоємністю в порівнянні з традиційними цементними виробами, що важливо для організації виробництва на підприємствах середньої і малої потужності.

В процесі виробництва кукурудзяного крохмалю утворюються відходи: крупна і дрібна мезга; зародок; глютен; екстракт та ін. Забруднення складаються з великої кількості органічних розчинних і нерозчинних речовин, здатних до загнивання і бродіння, а також невеликої кількості неорганічних солей калію і фосфорної кислоти. Підприємства крохмале – патокової промисловості потребують в технологічному циклі велику кількість води. Стічні води утворюються в результаті технологічних процесів переробки сировини від гідротранспортера, миття сировини і устаткування, охолодження апаратів, повітродувок, холодильників, барометричних конденсаторів

тощо. При виробництві крохмалю з використанням кукурудзи як сировини стічні води утворюються у розмірі 24 – 28 м<sup>3</sup> на 1 т. крохмалю. У цю кількість не входять стічні води попередньої обробки зерна, тобто від замочування і набухання, оскільки вони проходять обробку у випарних апаратах з подальшим використанням на корм худобі або як початкова сировина для виробництва пеніциліну. Середньорічна кількість стічних вод на 1 т патоки складає 34,06 м<sup>3</sup>, з них 4,52 м<sup>3</sup> – виробничих, 0,24 м<sup>3</sup> – господарсько – побутових і 29,3 м<sup>3</sup> – умовно чистих. Коефіцієнт нерівномірності надходження стоків влітку і взимку дорівнює одиниці.

Характерною особливістю цих стічних вод є бродіння. В процесі бродіння утворюється молочна кислота і виділяється неприємний запах, завершується процес бродіння гниттям з інтенсивним виділенням сірководню, який отруює навколишній повітряний простір. На деяких підприємствах стічні води, що мають кислу реакцію, обробляють лужними стічними водами до нейтральної реакції або до стану, який максимально задовольняє вимоги нормативних документів щодо охорони навколишнього середовища[7].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** У світовій практиці, за даними інформаційно-пошукової системи, застосовують фізико-хімічні і реагентні методи переробки відпрацьованої сульфатної кислоти.

Технологічна доцільність використання відпрацьованої сульфатної кислоти на переробних харчових виробництвах безумовно полягає в утилізації сульфатної кислоти на тих самих виробництвах. В інших випадках сульфатну кислоту переробляють сторонні підприємства з одержанням очищеної високо концентрованої кислоти, яка іде на виробництво мінеральних добрив.

Існує чимало способів очищення відпрацьованої сульфатної кислоти, але більшість з них є енерговитратними і з цієї причини економічно не вигідними.

Більш доцільно використовувати відпрацьовану сульфатну кислоту для одержання товарного будівельного гіпсу не вдаючись до її глибокої очистки [2].

Технологічний процес виробництва гіпсових вяжучих з природної сировини складається, головним чином, з наступних стадій[4]:

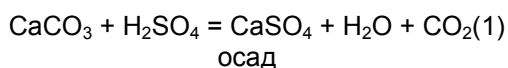
- Попередня підготовка сировини (сушіння, подрібнення).
- Теплова обробка підготовленої сировини (дегідратація).
- Додатковий помел (при необхідності основний помел) передбачений на цій стадії технологічною схемою виробництва.

**Мета та завдання досліджень.** Вивчити процес нейтралізації відпрацьованої сульфатної кислоти з метою виключення можливості забруднення кислими реагентами ґрунтів та водоймищ. Розробка ресурсозберігаючої і екологічно безпечної технології, одержання будівельного гіпсу на основі відпрацьованої сульфатної кислоти

**Результати досліджень.** Основними процесами переробки відпрацьованої сульфатної кислоти є: нейтралізація кислоти, центрифугування суспензії, виділення і підсушування осаду, подрібнення і остаточне сушіння (активація) гіпсу з подальшим пакуванням.

Послідовність технологічних операцій отримання товарного гіпсу з відпрацьованої сульфатної кислоти після кислотного гідролізу крохмалю показана на рис. 1.

На першій стадії сульфатна кислота легко і швидко розкладає кальцієві солі вугільної кислоти (крейда, вапняк) з утворенням за реакцією осаду – сульфату кальцію та водного розчину.



У розчині залишаються продукти кислотного гідролізу крохмалю. Крохмаль відноситься до глікозидних полісахаридів, що обумовлює його легкий гідроліз в кислому середовищі і високу стійкість в лужному середовищі. Повний гідроліз крохмалю призводить до утворення моносахаридів або їх похідних, а не повний до цілого ряду проміжних олігосахаридів, в тому числі і до дисахаридів, ці продукти після кристалізації і сушіння відправляють на пакувальну машину з подальшою відправкою споживачу.

Осад після центрифугування піддають під-

сушуванню, подрібнюють і після остаточного сушіння (активації) готовий будівельний гіпс пакують.

Дрібнодисперсні частинки сухого гіпсу після остаточного сушіння утворюють у повітрі нерівноважну систему. Летючі частинки продукту вловлює пилозахисна установка, звідки продукт повертається у основний потік на пакувальну машину.

В результаті реакції нейтралізації сульфатної кислоти солями вугільної кислоти виділяється диоксид вуглецю, який на малопотужних виробництвах викидають в навколишній простір. Потужні виробництва диоксид вуглецю зріджують і одержують технічну вуглекислоту, яка широко використовується в металургії, харчовій промисловості, холодильних агрегатах. Такий процес додатково покращує еколого – економічні показники підприємства. Слід зауважити, що використання вапняку замість крейди погіршує якість цільового продукту, яка залежить від властивостей і кількості домішок у вапняку.

В залежності від температури сушіння осад (гіпс) може бути в трьох формах:

- безводний ангідридна форма (  $\text{CaSO}_4$  );
- напівгідратна форма (  $2 \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  );
- дигідратна форма (  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ).

Кожна із форм використовується в будівельній промисловості, так розчин алебастру в стані рідкого тіста швидко затвердіває і знову переходить в гіпс. Завдяки цим властивостям гіпс використовується для виготовлення ливарницьких форм, зліпків, а також в якості в'язучих матеріалів для штукатурки стін, стель тощо. Гіпсові пов'язки використовують при переломах в хірургії та травматології.

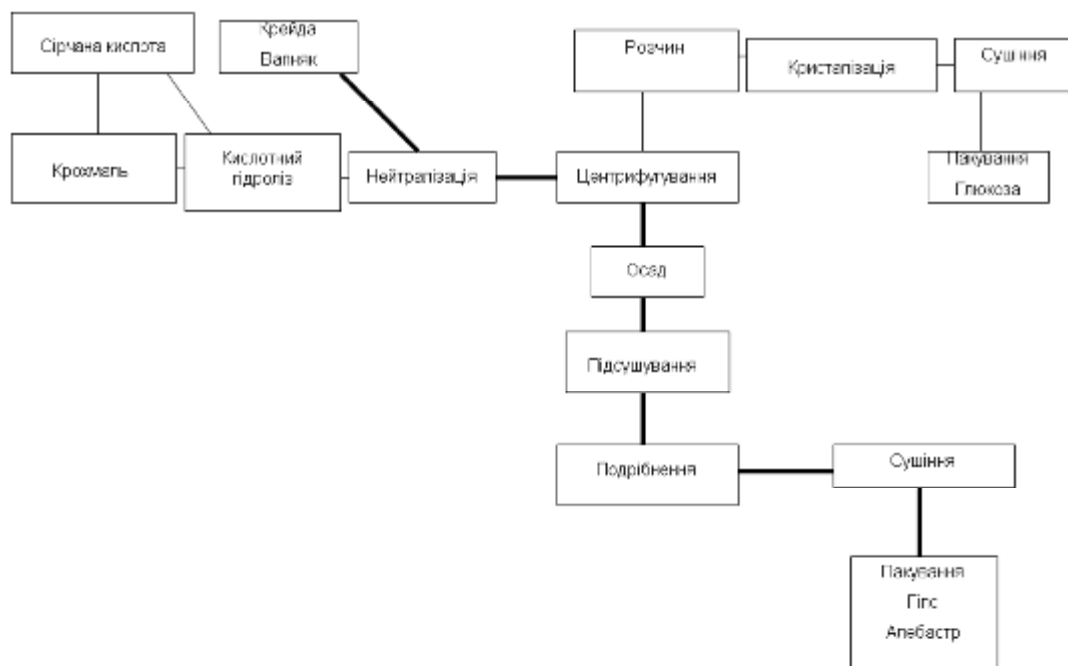


Рис. 1. Технологічні операції отримання товарного будівельного гіпсу з відпрацьованої сульфатної кислоти.

Близьким до ідеального є вирішення проблеми нейтралізації відпрацьованої сульфатної кислоти за допомогою гашеного вапна, що дає можливість одержувати сульфат кальцію без домішок.

#### **Висновки:**

1. Пропонується схема утилізації сульфатної кислоти, яка виключає можливість попадання кислоти в ґрунти та водоймища, що безумовно є важливим в питаннях збереження навколишнього середовища.

2. Наведені результати досліджень з реагентної переробки відпрацьованої сульфатної кислоти, яка є вторинною сировиною для виробництва будівельного гіпсу.

3. Проаналізовано хімічні процеси утворення будівельного гіпсу та розроблена технологічна схема переробки сульфатної кислоти на гіпс.

4. Розроблений спосіб утилізації сульфатної кислоти, є безвідходним, енергоресурсозберігаючим, екологічно безпечним.

#### **Список використаної літератури:**

1. Андреев В.Н. Технологическое оборудование отрасли (крохмало-паточных предприятий) / В.Н. Андреев. – М.: Изд-во МГУТУ, 2009. – 124 с.
2. Клименко Л.П. Техноэкология / Л.П. Клименко. – Одеса – Сімферополь: Екопрінт - Таврія, 2000. – 542 с.
3. Комаров В.И. Проблемы использования вторичных сырьевых ресурсов отраслей и перерабатывающей промышленности и их влияние на окружающую среду / В.И. Комаров, В.И. Лебедев, Т.А. Мануйлова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. - №2. – С.2.
4. Материаловедение в строительстве / И.А. Рыбьев, Е.П. Казенкова, Л.Г. Кузнецова, Т.Е.Тихомирова.– М.: Издательский центр «Академия», 2006.–527 с.
5. Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности (основы энвайронменталистики) / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Систер. – Калуга. Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. – 800с.
6. Сулименко Л.М. Технология минеральных вяжущих и изделий на их основе / Л.М. Сулименко. – М.: Высш. шк., 2000. – 303 с.
7. Сухарев С.М. Техноэкология та охорона навколишнього середовища / С.М.Сухарев, С.Ю. Сухарева. – Львів: Новий Світ – 2000, 2005. – 256 с.

#### **Дмитриков В.П., Шестозуб А.Б., Кравченко М.Й. Ресурсосберегающая утилизация сульфатной кислоты производства кукурузного крахмала**

Приведены результаты исследований по утилизации вторичного сырья цеха гидролиза крахмала – отработанной сульфатной кислоты, которые исключают возможность попадания кислоты в почву и водоемы, что безусловно является важным фактором в вопросах охраны окружающей среды. Проанализированы направления утилизации сульфатной кислоты и процесс нейтрализации сульфатной кислоты мелом (известняком). Предложена общая схема технологии переработки сульфатной кислоты на строительный гипс. Разработанный способ переработки сульфатной кислоты является безотходным, ресурсосберегающим, экологически безопасным.

**Ключевые слова:** гидролиз, известняк, мел, кукурузный крахмал, реакция нейтрализации, сульфатная кислота, утилизация, ресурсосбережение.

#### **Dmytrykov V., Shestozub A., Kravchenko M. Resource-saving sulphate acid utilization of corn starch production**

The results of researches for utilization of waste sulfuric acid which is a secondary raw material in the department of corn starch hydrolysis have been given in the article. Different types of sulfuric acid utilization have been analyzed and as a result general scheme of acid processing technology by its neutralization with salts of carbonic acid has been proposed. Implementation of the proposed scheme in the manufacturing process solves an important environmental problem of soil and water pollution prevention with acidic chemicals, which include reactive sulfuric acid. The required plaster of construction industry will be obtained along with the final neutralization product. Gyps products have much better index of fire resistance, heat and sound conductivity, as compared with other cement products. Simplicity and environmental compatibility of gyps products obtaining and processing is accompanied with much lower fuel and electricity consumption, investment and steel intensity as compared with traditional cement products, which is important for production organization at companies of medium and small capacity. Under the conditions of market economy, the enterprise that process agricultural products, search for utilization capabilities of by-products, which are formed by the primary production, thereby economic indicators of such production are improved, the cost price of production decreases and competitiveness increases.

A designed method of sulfuric acid processing is waste, resource-saving and environmentally friendly.

**Keywords:** limestone, hydrolysis, chalk, corn starch, neutralization reaction, sulfuric acid, utilization, resource saving, gyps.

Стаття надійшла в редакцію 1.09.2014р.

Рецензент: д.т.н., професор Павлюченко А.М.