

качествами продукции – горячей воды, пара, электрической энергии, газового или синтетического топлива, а также химического сырья и полупродуктов;

– очистку выбрасываемых в атмосферу газов и сточных вод от загрязняющих, вредных и токсичных примесей и химических соединений с захоронением или утилизацией отработанных при их очистке реагентов на производство побочной продукции.

Технологией предусматривается применение шахтного, скважинного, и комбинированного способов подготовки запасов угля к сжиганию.

#### ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА

1. Подземная газификация. Материалы опытных работ по подземной газификации углей за 1934-1936 гг / под ред. Д. М. Соловей, П. А. Чекина, В. А. Матвеева. М.: ОНТИ НКТП СССР, 1936.

2. Астахов С.А. Утилизация шахтного газа. *Уголь*. 2006. № 08. С.9-13.

3. Пучков Л.А. Сластунов С.В. Коликов К.С. Извлечение метана из угольных пластов. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002.

4. Материалы взяты с ресурсов интернета:

[kk.docdat.com/docs/index-489584.html](http://kk.docdat.com/docs/index-489584.html)

[http://neolant.ru/press-center/aboutus/index.php?ELEMENT\\_ID=1016](http://neolant.ru/press-center/aboutus/index.php?ELEMENT_ID=1016)

УДК 664.653.05

*Максим Иванов, Ирина Попова  
(Мелітополь, Україна)*

#### ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА СЕПАРАТОРА-МОЛОКООЧИСНИКА

*Обґрунтовано електричну потужність асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, наведений розрахунок і здійснено вибір сепаратора-молокоочисника при виробництві твердого сиру, який забезпечує основний показник товарної якості твердого сиру – жирність.*

**Ключові слова:** *приводний електродвигун, сепаратор-молокоочисник, твердий сир, асинхронний двигун.*

*The electric power of an induction motor with a short-circuited rotor is substantiated, the calculation is given and the choice of a milk separator in the production of hard cheese is made, which provides the main indicator of marketable quality of hard cheese – fat content.*

**Key words:** *drive electric motor, milk separator, hard cheese, asynchronous motor.*

Сироваріння ставить особливі вимоги до якості молока. Крім того, що молоко має відповідати загальним вимогам до сировини для молочної промисловості, воно ще й повинне бути біологічно повноцінним, придатним для виробництва сиру, утворювати щільний згусток під дією сичужного ферменту. Здатність до зсідання під дією сичужного ферменту – одна з найважливіших якостей молока для сироваріння. Щоб процес виробництва сиру відбувався нормально, молоко перед заквашуванням повинно мати достатню кількість молочнокислих бактерій. Кількість цієї мікрофлори в молоці визначає ступінь його зрілості та придатність його до сквашування. Отже, свіжовидоєне молоко вважається малопродатним для виготовлення сиру. Жирність – один з основних показників товарної якості сиру. Тому молоко спочатку сепарують, а потім нормалізують вершками до потрібної жирності готового сиру.

Вибір асинхронного двигуна сепаратора-молокоочисника Г9-ОЦМ-15 для виробництва твердого сиру полягає у забезпеченні відповідності асинхронного електродвигуна

параметрам і привідним характеристикам робочої машини та умовам навколишнього середовища. Слід враховувати особливості прийнятої технології виробництва твердого сиру і реальні умови експлуатації електродвигуна, оскільки вони можуть відрізнятись від нормативів, які наведені у технічному паспорті електродвигуна.

Для отримання очищеного знежиреного молока сепаратор–молокоочисник Г9-ОЦМ-15, який видаляє слиз, бактерії, бруд, розділяє вершки і знежирену частину молока. Принцип дії сепаратора ґрунтується на здатності механічних сумішей розподілятися у полі дії відцентрових сил за рахунок різної густини рідин, з яких вони складаються. Розподіл відбувається всередині сепараторного барабану, який обертається з великою швидкістю, причому щільніші частинки (вершки) пересуваються до периферії барабану і відокремлюються від знежиреної частини молока. А знежирене молоко, як більш легка фракція, стікає у низ барабана. Розподіл відбувається всередині сепараторного барабана, який обертається з великою частотою, причому щільні частинки (молочний жир) пересуваються до периферії. Виходячи з технологічного процесу, до електроприводу сепаратора висувають жорсткі вимоги відносно частоти обертання барабану.

За умови значних коливань швидкості порушується процес сепарування і стає можливим момент, коли вершки будуть відходити до знежиреного молока (молочних відвійок). Тому для приводу сепараторів використовують трифазні асинхронні електродвигуни, які мають жорстку механічну характеристику.

Кінематична схема електроприводу сепаратора має: клинопасову передачу, шків (або відцентрово-фрикційну муфту), шестерню та черв'як, з яких зусилля передається на барабан.

Сепаратор працює у тривалому режимі, бо час роботи згідно обраної продуктивності сепаратора, не менше 1 години. Барабани сепараторів, як правило, мають частоту обертання, яка у 2-4 рази перевищує найбільшу швидкість обертання ротора асинхронного двигуна, а передаточне число клинопасової передачі завжди менше за одиницю [1].

Вибір електродвигуна виконується за умовами:

– відповідності потужності асинхронного електродвигуна розрахунковій потужності робочої машини

Електропривод сепаратора-молокоочисника здійснюється за допомогою трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором серії АИР номінальною напругою 380 В, частотою 50 Гц, номінальна потужність якого обирається за умовою

$$P_{н.дв} \geq P_{розр.рм.}, \quad (1)$$

де  $P_{н.дв}$  - номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$P_{розр.рм}$  - розрахункова потужність робочої машини, кВт.

– кліматичному виконанню;

– категорії розміщення;

– ступеню захисту і виконання за умовами навколишнього середовища [2].

Механічна характеристика сепаратора-молокоочисника має вентиляторний характер і, без урахування резонансних піків, може бути виражена залежністю

$$M_C = M_0 + b\omega^2, \quad (2)$$

де  $M_C$  – момент опору сепаратора, зведений до валу електродвигуна, Н·м;

$M_0$  – початковий момент опору,  $M_0 = (0,2-1,0)$  Н·м. Приймаємо згідно [1]  $M_0 = 1$  Н·м;

$b$  – коефіцієнт пропорційності, який залежить від якості обробки елементів кінематичної схеми приводу, Н·м/(рад/с). Приймаємо згідно [3] коефіцієнт пропорційності  $b = 3,8 \cdot 10^{-6}$  Н·м/(рад/с);

$\omega$  – кутова швидкість барабану, рад/с.

Технічні характеристики сепаратора-молокоочисника, необхідні для розрахунку, наведені в таблиці 1.

Визначимо кутову швидкість барабана за рівнянням

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (3)$$

де  $n$  – частота обертання барабана, об/хв. Приймаємо  $n = 5580$  об/хв.

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 10000}{30} = 1046,667 \text{ рад/с.}$$

Таблиця 1 – Технічні характеристики сепаратора Г9-ОС2К

Вид характеристики	Одиниці виміру	Показник
Продуктивність	кг/год	15000
Частота обертання барабана	об/хв	10000
Маса барабана	кг	525

Момент опору сепаратора, зведений до валу електродвигуна  $M_C$  розраховуємо за рівнянням (2)

$$M_C = 1 + 3,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1046,667^2 = 5,1629 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Потрібна потужність асинхронного електродвигуна для приводу сепаратора у робочому режимі визначається за виразом [1]

$$P = k \cdot M_C \cdot \omega, \quad (4)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує потужність, необхідну для надання кінетичної енергії рідині, що надходить до барабана,  $k = 1,2-2,0$ .

Приймаємо  $k = 2,0$ .

Визначимо потрібну потужність асинхронного електродвигуна для приводу сепаратора за рівнянням (4)

$$P = 2 \cdot 5,1629 \cdot 1046,667 = 10807,76 \text{ Вт.}$$

Вибираємо для приводу сепаратора-молокоочисника трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором згідно з потужністю сталого режиму сепарування для тривалого номінального режиму S1 за умовою (1) з наступними технічними даними: АИР132М2У2,  $P_n = 11$  кВт; 380 В/220 В; Y/Δ;  $n_n = 2900$  об/хв.;  $I_n = 21,8$  А;  $\eta_n = 87,4$

$$\%; \cos \varphi_n = 0,9; \mu_m = \frac{M_m}{M_n} = 2,3; \mu_n = \frac{M_n}{M_n} = 2,2; \mu_{\min} = \frac{M_{\min}}{M_n} = 1; k_i = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_n} = 7,2.$$

Електродвигун має помірне кліматичне виконання (У), ступенем захисту IP54 від доторкання персоналу до частин, що обертаються (5), та від потрапляння усередину обладнання твердих сторонніх тіл, а також від проникнення усередину оболонки води (4); категорією розміщення 2. Надійність роботи двигунів серії АИР підвищена за рахунок використання ізоляції класу нагрівостійкості F [4].

#### ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавриненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: підручник / за ред. Є.Л. Жулая. Київ: Вища освіта, 2001. 288 с.

2. Іванов М.В., Попова І.О. Вибір раціональної технології підготовки молока до сквашування при переробці на сир. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*. II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В.Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2020. С. 93-94.

3. Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І. Електропривід: підручник / за ред. Ю.М. Лавріненка. Київ: Ліра, 2009. 299 с.

4. Марченко О.С., Дацішин О.В., Лавриненко Ю.М. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві: підручник / за ред. О.С. Марченка. Київ: Урожай, 1995. 416 с.