

ENGINEERING SCIENCES

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИКА КОЛОСНИКОВОГО З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ КОЛОСНИКІВ

¹К.п.н., доцент, Ірина Олександрівна Казак,

²Віктор Васильович Дідух

Україна, Київ, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»,

¹Доцент кафедри хімічного, полімерного і силікатного машинобудування,

²Магістрант кафедри хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/31102019/6733

ARTICLE INFO

Received: 25 August 2019

Accepted: 20 October 2019

Published: 31 October 2019

KEYWORDS

grate refrigerator,
grate,
cement,
clinker,
cooling.

ABSTRACT

The article discusses one of the ways to improve the design of the grate refrigerator in order to increase the wear resistance of grate. Typically, the life of the grate is reduced when a certain amount of wear is exceeded, it is expressed in a decrease in the thickness of the elements and walls of the grate, which undergo oxidation and abrasion due to the movement of the cooled material. As a result, the grate ceases to function properly. In connection with that, there is proposed an improved grate design, in which: we have a contour of the bottom surface of the cavity in an inclined grate plate, made with an inclination growing in a direction opposite to the direction of movement of the cooled material. The grates are made with the ledges in an inclined plate of a triangular shape, also with reinforcing stiffening ribs of arched shape between the passages for cooling air. This will create a permanent protective layer of chilled material and will reduce the surface area of the grate while cooling the clinker in the grate refrigerator, which will increase the strength and lifespan of the grate and will accelerate the cooling of hot material.

Citation: Ірина Олександрівна Казак, Віктор Васильович Дідух. (2019) Udoskonalennia Konstruktivnii Kholodylnyka Kolosnykovoho z Metoiu Pidvyshchennia Znosostiikosti Kolosnykiv. *International Academy Journal Web of Scholar*. 10(40), doi: 10.31435/rsglobal_wos/31102019/6733

Copyright: © 2019 Ірина Олександрівна Казак, Віктор Васильович Дідух. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. Одним з найпоширеніших в'язучих будівельних матеріалів є цемент. 97% виробленого цементу в Україні - портландцемент, який складається в основному з силікатів кальцію. До основних властивостей цементу відноситься: міцність, період застигання, зернистість помелу, щільність, стійкість до морозів, зчеплення з арматурою і тепловиділення. Бетон - будівельний матеріал з суміші цементу з водою, піском і щебнем, твердіє після укладання. Продажі цементу в Україні останнім часом стабільно зростають. Конкуренція на бетонному ринку України має нерівномірний характер і має локальні особливості. Одним з основних чинників стрімкого зростання на ринку товарного бетону є розвиток будівельного ринку, зокрема в даний час найбільш широко застосовується монолітно-каркасна технологія, де бетон - основна складова [1].

Виробництво цементу - це технічно складний і багатоступінчастий процес. У загальному циклі виробництва цементу істотну роль відіграє технологічний процес випалу клінкеру в печі і подальше його охолодження в холодильнику. Режим охолодження клінкеру

впливає на фазовий і мінералогічний його склад і тому може розглядатися як складова частина технологічного процесу випалу клінкеру. Клінкер охолоджують повітрям, що потрапляє в обертову піч для спалювання палива. Отже, холодильники клінкеру виконують роль теплових утилізаторів і підвищують теплову ефективність пічного агрегату.

Для швидкого охолодження клінкеру, що виходить з печі з високою температурою до 1000-1350°C та охолоджується до 50-150° С застосовуються холодильники різної конструкції: барабанні, рекуперативні (планетарні) і колосникові. Встановлюється холодильник під обертовою піччю і служить їй продовженням. Недоліки барабанного холодильника - відносно великі розміри і слабка ступінь охолодження клінкеру (до 100-200 С). Конструкція колосникових холодильників дозволяє використовувати для охолодження більше повітря, ніж потрібно для згорання палива в печі. Це забезпечує більш глибоке охолодження клінкеру, ніж в планетарних холодильниках [2, С.660].

Виходячи з вище зазначеного надалі у статті розглянемо особливості роботи саме холодильника колосникового з більш глибоким охолодженням клінкеру в порівнянні з іншими видами існуючих холодильників. Але виходячи з призначення холодильника колосникового, що охолодження клінкеру відбувається саме на колосниках, в результаті найбільші навантаження відбуваються саме на колосники в процесі ковзання цементного клінкеру по поверхні колосників при високих температурних навантаженнях. Термін служби колосника визначається тією обставиною, що при перевищенні деякої величини зносу, що виражається в зменшенні товщини елементів і стінок колосника, яке зазнає окислення і стирання внаслідок переміщення охолоджуваного матеріалу, колосник перестає справно виконувати свої функції. Для вирішення зазначеної проблеми слід взяти заходів боротьби з стиранням, суворо обмеживши площу поверхонь колосника, які відчувають прямий вплив гарячого матеріалу, та забезпечити заходи боротьби з окисленням.

Метою статті є удосконалення конструкції колосникового холодильника для підвищення зносостійкості колосників, які найбільше піддаються зносу в процесі ковзання при високих температурах цементного клінкеру о колосники.

Результати досліджень. Колосниковий холодильник є одним з головних обладнань на цементному заводі для охолодження клінкеру. Колосникові холодильники не тільки використовуються для охолодження цементного клінкеру, а й застосовуються для охолодження глиноземного спека і інших сипучих матеріалів. Колосникові холодильники застосовуються в технологічних лініях по виробництву цементного клінкеру сухим, мокрим, полусухим, комбінованим способами. Найбільш поширеними у світі являються мокрий і сухий способи, за допомогою яких отримують більшу частину всього якісного цементу.

На вітчизняних цементних виробництвах найчастіше використовуються холодильники, в яких охолодження клінкеру відбувається в шарі при тісній взаємодії з повітрям, яке проходить через нього. Такий безпосередній контакт повітря з поверхнею клінкерних гранул забезпечує високу інтенсивність теплообміну і тому дозволяє підвищити тепловий ККД холодильника і знизити його габарити і викид гарячого повітря в атмосферу. Для підвищення ефективності роботи холодильника і, отже, зниження витрати палива і викиду парникових газів і пилу в навколишнє середовище необхідно знижувати витрати повітря на охолодження клінкеру, що можна компенсувати збільшенням часу охолодження шляхом підвищення висоти шару і зниженням розміру клінкерних гранул. Останнім часом поширення набув новий тип холодильника з безпровальними ґратами фірм FLSmidth, Claudius Peters, Polysius і KHD Humboldt Wedag [3, С. 142].

Ефективний процес охолодження клінкеру у сучасній практиці реалізований в колосникових холодильниках різних конструкцій. Найкращим чином зарекомендували себе в роботі колосникові холодильники з горизонтальними колосниковими ґратами типу «Волга». Розглянемо детальніше конструкцію холодильника колосникового Волга-75 (Рис. 1) [4].

Основним несучим вузлом холодильника є основа, що складається з окремих металевих зварних блоків і перегородок, що поділяють підколосниковий простір холодильника на окремі ізольовані камери. У завантажувальній частині 2 до блоків основи кріпиться передня стінка, а в розвантажувальній частині стінка бункера 10 розвантажувального пристрою. До блоків підстави також кріпляться опори ковзаник. З лівого боку (по ходу руху матеріалу) в блоках є фланці повітропроводів. З правого боку розташовані ремонтні люки.

По горизонталі холодильник розділений на дві частини колосниковими ґратами 12, що включають в себе рухому і не рухому частини. Колосникові ґрати призначені для охолодження

матеріалу, що надходить в холодильник з обертової випалювальної печі і одночасного транспортування його від завантажувальної шахти до розвантажувального бункеру холодильника 10. Решітка складається з трьох секцій і ділиться по довжині на гарячу, середню і холодну зони. Рухома частина секцій спирається на опорні катки, а нерухома на блоки підстави. На поперечних підколюсникових балках встановлені колосники.

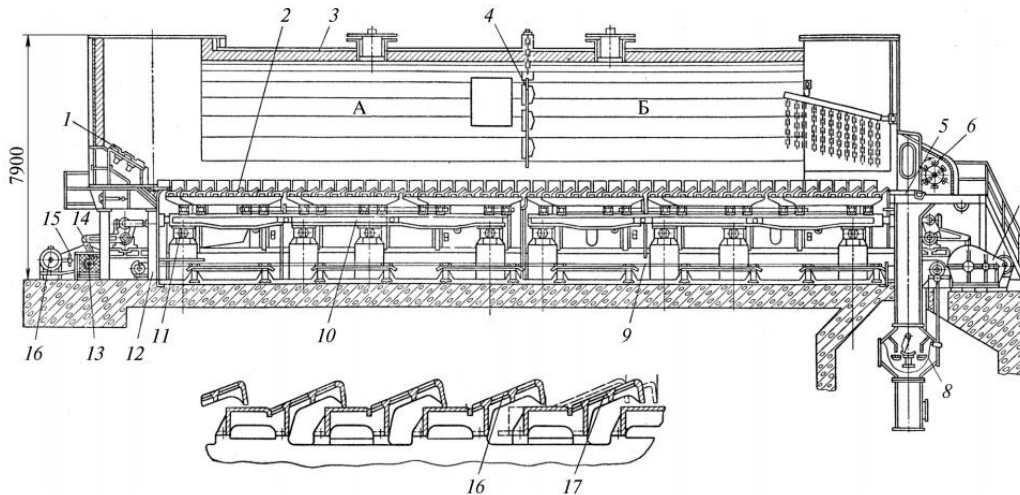


Рис. 1. Поздовжній переріз колосникового холодильника Волга-75

1 - решітка роздрібнення; 2 - решітка; 3 - кожух; 4 - перегородка; 5 - розвантажувальна решітка; 6 - дробарка; 7 - торцеві автономні приводи; 8 - шлюзовий затвор; 9 - скребковий конвеєр для просипи; 10 - візок колосникових ґрат; 11 - опорний каток; 12 - металоконструкція підстави; 13 - приводний вал; 14 - кривошипно-шатунний механізм; 15 - редуктор; 16 - нерухомі колосники; 17 - рухливі колосники; А - гаряча зона; Б - холодна зона

Перший ряд гарячої зони нерухомий, потім йде рухомий ряд, в подальшому йде чергування рухомих і нерухомих рядів. Бортові плити колосникових решіток служать для захисту футерування від стирання, а планки ущільнюють бічні зазори між колосниками і бортовими плитами.

Розглянемо принцип роботи холодильника колосникового Волга-75. Колосниковий холодильник охолоджує цементний клінкер, що видається піччю з температурою до 1250°C, до температури, при якій його можна транспортувати на склад або млин звичайними засобами (60 ÷ 80 °C). Клінкер з печі надходить у шахту холодильника на колосники гострого дуття. Охолодження відбувається під дією холодного повітря, що подається через шар клінкеру, який переміщується по колосникових ґратах. Велика частина повітря, що пройшла через шар клінкеру і нагріта до 400 ... 600 °C, направляється в піч для підтримки горіння енергоносія.

Рухаючись по колосникових ґратах, клінкер піддається подальшому охолодженню. Клінкер переміщається за рахунок обертально-поступального руху рухливих колосників. Шматки розміром менше 5 мм провалюються через щілини в підколюсникове простір на конвеєр (скребковий). Площа щілин становить до 12%. Товщина шару клінкеру на колосникових ґратах 250 ... 600 мм. Хід рухомих колосників становить 150 мм. Привід забезпечує 7 ... 20 подвійних ходів колосників в хвилину. Охолоджений клінкер з колосникових ґрат надходить в розвантажувальний пристрій - на решітку, де сортуються дві фракції. Дрібна фракція, розміром до 40 мм, просипається в розвантажувальний бункер, велика - дробиться молотковою дробаркою. Далі клінкер відправляється на склад. Повітря, що пройшло через останню частину колосникових ґрат з температурою 200 ... 250 °C, видаляється в атмосферу через знепилюючу установку, яка забезпечена димососом і димарем. Колосники колосникових ґрат виготовлюються з жароміцної сталі, підколюсникові балки - з жаропрочного чавуну [4].

В результаті аналізу літературного огляду конструкції і принципу роботи холодильника колосникового виявлено ряд його переваг і недоліків. До переваг відносяться: висока продуктивність, ефективний теплообмін між охолоджуванним клінкером і охолоджуванним повітрям, високий теплотехнічний ККД, що дозволяють значно зменшити витрату теплоти на випал і знизити собівартість продукції. До недоліків відносяться: висока швидкість абразивного зносу поверхні робочої плити колосника через відсутність зносостійкого захисту, висока

робоча температура колосника, висока швидкість корозійного зносу поверхні робочої плити колосника через руйнування на поверхні металу захисних плівок в процесі ковзання.

Зазвичай класична конструкція колосника холодильника колосникового має похилу плиту, на яку потрапляє клінкер з обертової печі і охолоджується повітрям знизу конструкції (Рис. 2). Саме ця поверхня робочої плити колосника підлягає більш за все зносу через руйнування на поверхні металу захисних плівок в процесі ковзання клінкеру.

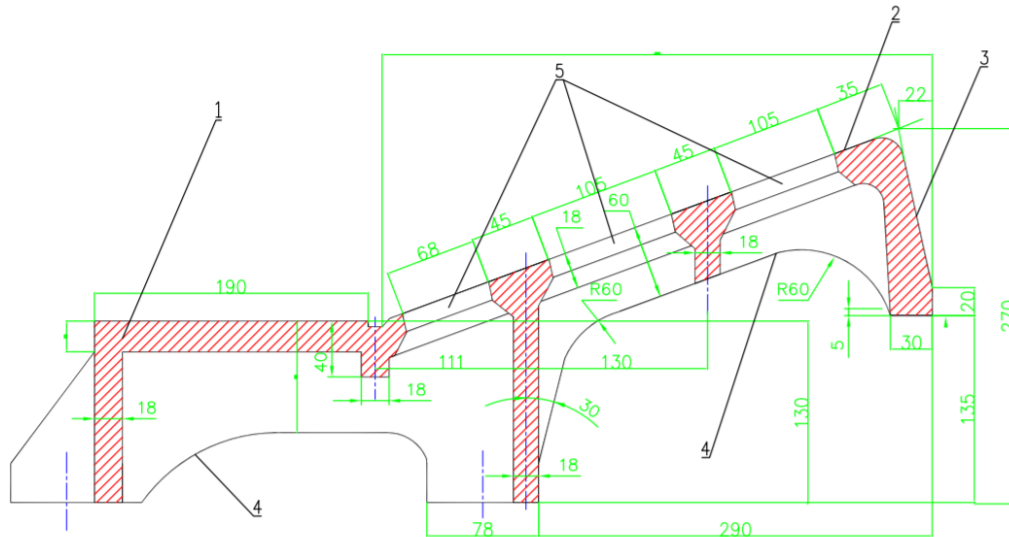


Рис. 2. Вертикально-поздовжній переріз конструкції колосника з похилою плитою
1 - горизонтальна основа; 2 - похила плита; 3 - штовхаюча платформа; 4 - ребра жорсткості аркої форми; 5 - наскрізні отвори

З метою усунення недоліку руйнування на поверхні металу колосника захисних плівок в процесі ковзання та зменшення температурних навантажень на поверхню колосника виконано літературно-патентний пошук варіанту удосконалення конструкції холодильника колосникового. В результаті аналізу розглянутих технічних рішень найбільш доцільно для усунення руйнування на поверхні металу захисних плівок в процесі ковзання обрати конструкцію колосника холодильника колосникового на основі прототипу [6], який представлений на рисунку 3.

Колосник холодильника з колосниковими ґратами працює наступним чином.

На колосникових ґратах гарячий матеріал охолоджується і транспортується. Рухливі колосникові ґратки оснащені окремим кривошипно-шатунно-важільним приводом. Рухомі та нерухомі колосники закріплені відповідно на рухомих і нерухомих поперечних підколосникових балках. Кожен поперечний ряд рухомих колосників перекривається наступним рядом нерухомих колосників. Між колосниками передбачені зазори для компенсації їх температурних розширень.

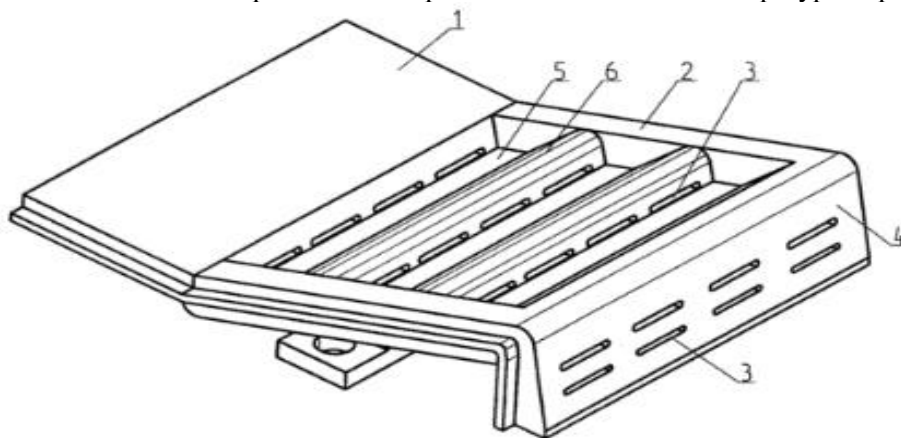


Рис. 3. Конструкція колосника з виступами в похилій плиті трикутної форми і наскрізними отворами для охолоджуючого повітря клінкеру
1 - горизонтальна основа; 2 - похила плита; 3 - наскрізні отвори; 4 - штовхаюча стінка; 5 - заглиблення; 6 - виступи

Охолодження гарячого матеріалу при температурі 1150-1350 °С, що надходить з печі в охолоджувач, здійснюється потоком повітря вентиляторами шляхом продування через гарячий матеріал, який знаходиться на колосникових ґратах.

Підколосниковий простір розділений перегородками на окремі камери, в які від вентиляторів подається повітря для охолодження клінкеру.

Вертикально-поздовжній переріз удосконаленої конструкції колосника холодильника колосникового представлений на рис. 4.

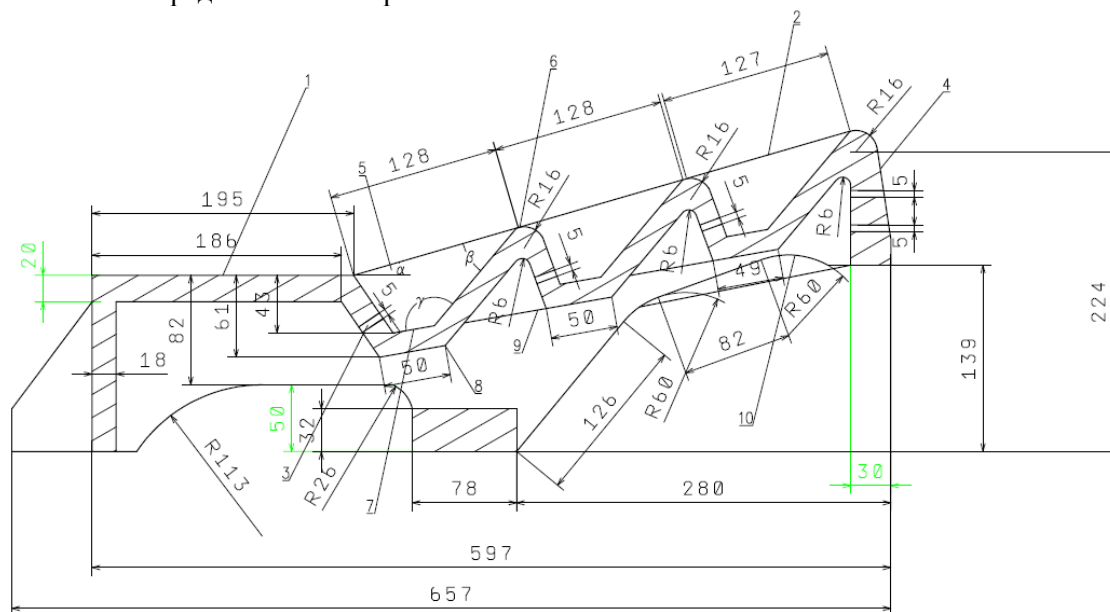


Рис. 4. Вертикально-поздовжній переріз колосника з виступами в похилій плиті трикутної форми і наскрізними отворами для охолоджуючого повітря клінкеру

1- горизонтальна основа; 2 - похила плита; 3 - наскрізні отвори; 4 - штовхаюча платформа; 5 - порожнини; 6 - виступи; 7 - дно порожнини; 8 - перегин; 9 - ребра жорсткості; 10 - ребра жорсткості арочної форми

Розглянемо конструкцію удосконаленого колосника холодильника колосникового з перештовхувачами колосниковими ґратами, який містить горизонтальну основу 1 і похилу до нього плиту 2, що має наскрізні проходи 3 для охолоджуючого повітря і переломлюється з утворенням штовхаючого майданчика 4. У похилій плиті 2, кут нахилу ($\alpha=15^\circ$) якої щодо горизонталі становить від 10° до 30° , виконані порожнини 5 з утворенням чергуючих виступів 6, де дно 7 порожнин увігнуто і має нахил, зростаючий в напрямку переміщення охолоджуваного матеріалу, а в вертикально-поздовжньому перерізі колосника має контур поверхні у вигляді ламаної лінії, у якій відрізок, що формує в напрямку переміщення матеріалу укис виступу 6, виконаний з нахилом ($\beta=35^\circ$) щодо верхньої поверхні похилої плити 2 колосника від 10° до 45° , при цьому наскрізні проходи 3 для охолоджуючого повітря виконані в стінках порожнин 5, а стінка дна 7 порожнин 5 виконана з перегином 8, кут ($\gamma=140^\circ$) якого становить від 90° до 170° . Допускається округлення перегину поверхні дна 7 порожнин 5 на похилій плиті 2 колосника [6].

Особливостями запропонованої конструкції колосника полягають в тому, що виступи в похилій плиті в вертикально-поздовжньому перерізі колосника мають трикутну форму; в вертикально-поздовжньому перерізі колосника, що виходить із точки вдування повітря в порожнину, відрізок ламаної лінії, що визначає контур поверхні дна порожнини в похилій плиті колосника, виконаний з нахилом, зростаючим в напрямку протилежному напрямку переміщення охолодженого матеріалу. Поглиблення в похилій плиті колосника виконані з ребрами жорсткості між наскрізними проходами для охолоджуючого повітря. Також колосник відрізняється тим, що виконаний з поздовжніми зміцнюючими ребрами жорсткості арочної форми та наскрізними проходами для охолоджуючого повітря (Рис.4) [7].

Наскрізні проходи 3 для охолоджуючого повітря, виконані в стінках порожнин похилої плити запропонованого колосника, забезпечують більш низьку температуру уловленого в порожнині матеріалу, що підвищує ефективність захисту колосника від перегріву.

Виконання виступів 6 трикутної форми забезпечує зменшенню площі поверхні колосника, що контактує з матеріалом, так як тільки бічні стінки похилої плити, які утримують матеріал в порожнинах, і передній штовхаючий майданчик підлягають безперервному впливу рухомого матеріалу, що пояснюється технологічною необхідністю.

Зазвичай в існуючих конструкціях холодильник колосниковий з перештовхуючими колосниковими ґратами подовжений, в порівнянні з колосниковою плитою, прохід холодного повітря через шар остиглого матеріалу в порожнинах 5, що уловлюють охолоджуваний матеріал, так як при рівній глибині порожнини 5 товщина захисного шару у запропонованому удосконаленому колоснику вище. Це означає, що частина повітря вдувається на всій відстані від точки вдування в порожнину 5 до точки виходу його з порожнини 5 більш віддаленої від більш гарячого матеріалу. Таким чином, температура повітря в точці виходу з порожнини у запропонованій конструкції колосника буде нижче в порівнянні з існуючими конструкціями колосників.

У запропонованій конструкції колосника стінка дна порожнин виконана з перегином, кут (γ) якого становить 140° , що дозволяє підвищити стійкість колосника до деформації без збільшення його металоємності потовщенням стінки дна порожнин, що уловлюють охолоджуваний матеріал, і (або) збільшенням кількості ребер жорсткості, які можуть збільшити площу поверхні, що знаходиться в контакті з гарячим матеріалом.

Ребра жорсткості 9 в уступах похилої плити колосника звужують простір, через який вдувається повітря, що знижує втрати напору. А в удосконаленій конструкції колосника виконані поздовжні зміцнюючі ребра жорсткості арочної форми 10, що дозволяє ще більше підвищити стійкість колосника до деформації при малому збільшенні металоємності колосника [6].

Висновки. Отже, використання удосконаленої конструкції колосника холодильника колосникового дозволить обмежити площу поверхні колосника, яка відчуває прямий вплив гарячого клінкеру, та забезпечити заходи боротьби з окисленням. За допомогою виконання порожнин, що уловлюють матеріал і створюють постійний захист колосника від перегріву і абразивного стирання, підвищується зносостійкість колосника і збільшується термін його експлуатації. При цьому немає необхідності вдаватися до збільшення товщини похилої плити колосника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анотація до аналізу ринку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-cementa-v-t-ch-cementnyh-klinkerov-betona-tovarnyj-beton-i-dr-ukrainy-2018-god>
2. Інтернет-ресурс. – Режим доступу: <https://chem21.info/info/605669/>
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство цемента [Електронний ресурс]. - М: Бюро НТД, 2015 – 305 с. – Режим доступу: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293757/4293757765.pdf>
4. Інтернет-ресурс. – Режим доступу: <https://extxe.com/4810/tehnologicheskie-shemy-i-oborudovanie-dlja-proizvodstva-cementa/>
5. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов: учеб. пособ. для вузов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. - М: Высшая школа, 1980. – 472 с.
6. Колосник охладителя с переталкивающими колосниковыми решетками: Патент RU 2640701 С1, МПК F27В 7/38(2006.01) / А.С. Зубачев. – Опубл. 11.01.2018, Бюл. №2
7. Щербина В.Ю. Автоматизация графично-конструкторських робіт при проектуванні хімічного устаткування в системі AutoCAD: навч. посіб. / В.Ю. Щербина, О.С. Сахаров, О.В. Гондляр, В.І. Сівецький – К.: ІВЦ “Політехніка”, 2002. – 156 с. - ISBN 5-89818-23-0