

**М.М. Пушанко**, доктор технічних наук  
**А.М. Парахоня**, аспірант  
Національний університет харчових технологій

## **Проблеми екстрагування цукрози в колонних дифузійних установках**

*Розглянуто причини порушення протитечійності процесу екстрагування в апаратах збільшеної продуктивності. Досліджено характер зношення елементів транспортних систем. Виявлено фактори, що впливають на руйнування лопатей.*

**Ключові слова:** лопать, модуль пружності, питоме навантаження.

*Рассмотрены причины нарушения противотока процесса экстрагирования в аппаратах увеличенной производительности. Исследовано характер износа элементов транспортных систем. Обнаружено факторы, что воздействуют на разрушения лопастей.*

**Ключевые слова:** лопасть, модуль упругости, удельная нагрузка.

*Reasons of violation of counterflows of process of extracting in the vehicles of the megascopic productivity are considered. Investigational character of wear of elements of transport systems. Found out factors which influence on destruction of blades.*

**Keywords:** blade, module of resiliency, specific loading.

Цукрове виробництво належить до крупнотонажних галузей харчової промисловості. На цукрових заводах середньої потужності (3000 т/добу) за годину переробляється 125 тон буряків. В останні два десятиліття намітилась тенденція збільшення продуктивності підприємств по виробництву цукру. У Європі побудовано і будують цукрозаводи, продуктивність яких перевищує середню продуктивність цукрових заводів України у 4...5 разів.

У відповідності до запитів виробництва колективами КБ фірм і заводів машинобудівної промисловості розробляються та впроваджуються машини

та апарати збільшеної продуктивності для виконання різних механічних, хімічних, гідравлічних та теплообмінних процесів, що відбуваються на різних ділянках технологічної схеми бурякоцукрового виробництва.

Наприклад, німецька фірма «ВМА» почала виготовляти колонні дифузійні установки продуктивністю 17000 тон буряків на добу, з діаметром колони 13,6 м. та діаметром трубовала 6,0 м.

Спільною рисою конструкційного оформлення транспортних систем в апаратах колонного типу є подібність параметрів компоновки їх складових (лопатей і контрлопатей) по висоті колон. При зміні структурно-механічних властивостей компонентів сокостружкової суміші незмінність кроків розміщення і кутів установки елементів транспортної системи є однією з причин порушення протитечійності процесу екстрагування.

Розвиток конструкцій колон дифузійних установок полягав у поступовому збільшенні їх робочого простору за рахунок збільшення діаметрів колон і їх висоти та у зміні конструкцій основних елементів транспортних систем (трубовала, лопатей і контрлопатей), розміщених у робочому просторі колон (рис.1).

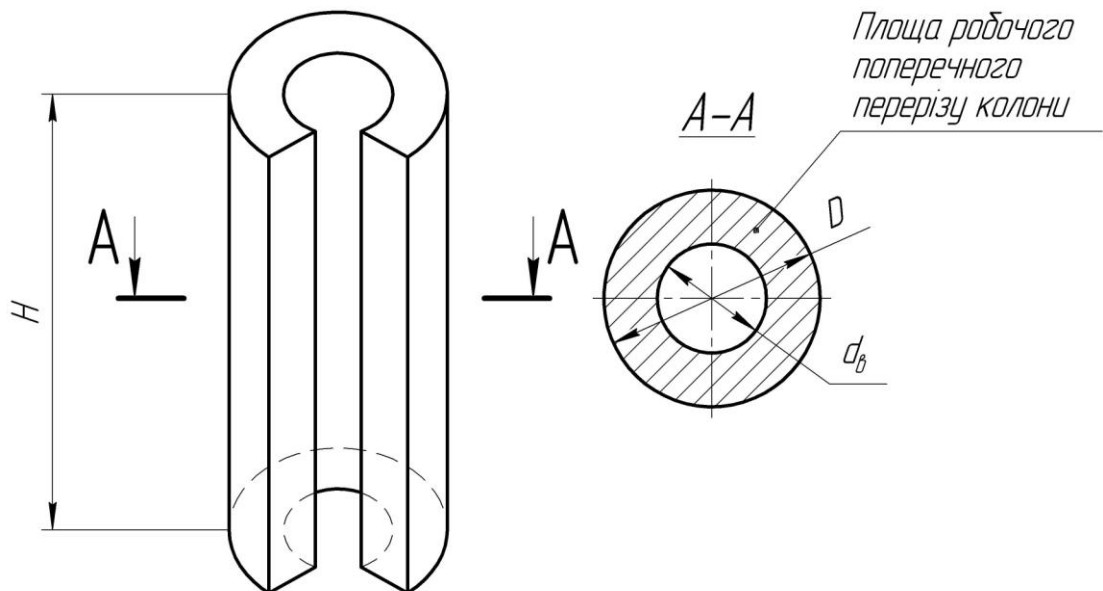


Рис.1. Конфігурація робочої частини колонних дифузійних апаратів

Зміна основних габаритних розмірів найбільш поширених в Україні колон наведена в таблиці 1.

Габаритні розміри колон продуктивністю 3000 т/добу

Назва, рік випуску	Робочий об'єм, м <sup>3</sup>	Висота корпусу (H), мм	Діаметр корпусу (D), мм	Діаметр трубовала (d <sub>в</sub> ), мм
КДА-30-66, 1969	208	13320	5000	2000
КДА2-А30, 1982	234	12600	5500	2400
Ж4-ПДБЗ (ЕКА-3), 1991	254	12000	6000	2600
ВМА (Fano, Italy), 1971	218	14350	5500	2400
ВМА (Curico, Chile), 1971	266	17500	5500	2400
ВМА (Hohenay, Austria), 1983	282	18550	5500	2400

Транспортні системи наведених колонних дифузійних апаратів укомплектовані лопатями і контрлопатями різних типів і мають суттєві відмінності. Велика кількість цих відмінностей свідчить про пошуки оптимальної конструкції, яка забезпечила б рівномірне протитечійне переміщення складових сокостружкової суміші (сік вниз і стружка вверху) по площі робочого поперечного перерізу колони і по її висоті.

На рис.2 показані типи лопатей з різними формами поперечних перерізів і робочих поверхонь:

*a/* – плоскі лопаті трикутного типу в апаратах ВМА та КДА-30-66;

*б/* – капле видні фірми Буккау-Вольф;

*в/* – форми крила літака (пропозиція КТІХП [2]);

*г/* – хвильові, запропоновані співробітниками НУХТ та використані в конструкціях колонних апаратів ЕКА-2 і ЕКА-3 [3].

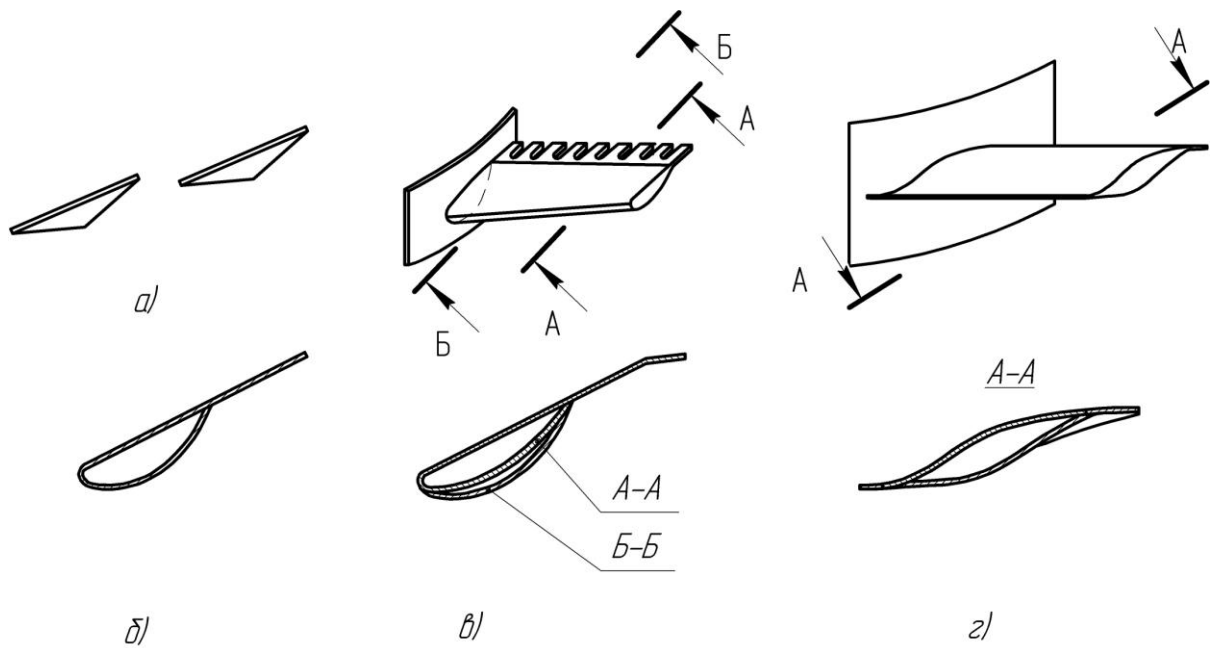


Рис.2. Конфігурація лопатей транспортних систем колон дифузійних апаратів: *a* – плоскі трикутного типу; *б* – каплевидні; *в* – форми крила літака; *г* – хвилеподібні

Маючи просту будову лопатей (рис. 2, *a*) колони фірми БМА мають громіздку конструкцію транспортних систем, переобтяжену великою кількістю лопатей (понад 200 штук) і контрлопатей. Використання лопатей каплевидної та крилевидної форм з широкими робочими поверхнями дозволило зменшити їх кількість в модернізованих колонних апаратах типу КДА2-А30 до 28 або 30 штук. В транспортних системах таких апаратів використовуються лопаті, показані на рис.2 *б, в* розміщенні в 14 чи 15 рядів по 2 лопаті в кожному.

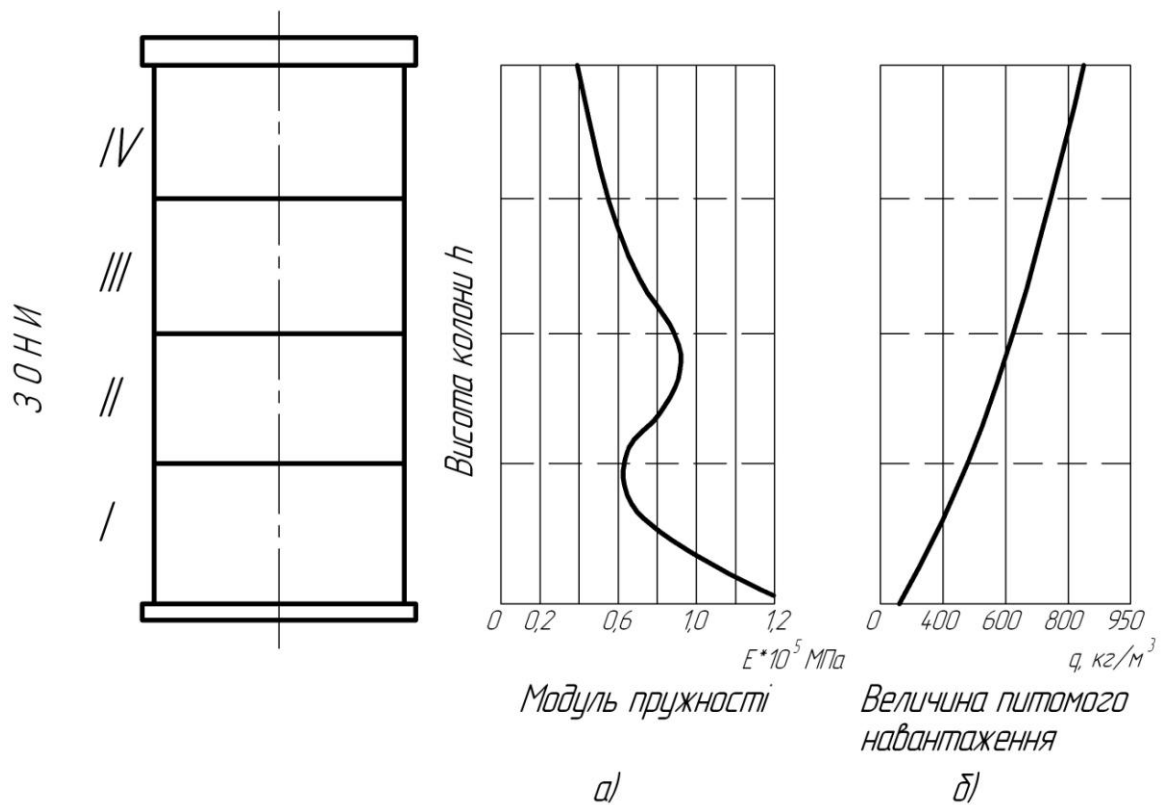
Опосередковане уявлення про забезпечення раціонального протічального режиму переміщення твердої і рідинної фаз сокостружкової суміші можна одержати співставляючи величини різниці концентрацій цукрози в буряковій стружці і екстрагенті.

Проби сокостружкової суміші з колон апаратів КДА-15-66 і Буккау-Вольф відбирались через крани діаметром 50 мм., встановлені на відстані 430 мм. від горизонтального сита і 1,4 м. один від одного до відмітки 8,4 м. Результати численних аналізів показали [4], що середня різниця концентрацій цукрози в стружці і екстрагенті становить 0,45 %. Проте в окремих випадках, особливо при роботі колони в режимах зі зниженими

значеннями питомого навантаження, ця різниця не є сталою величиною. Оскільки це відбувається при постійній частоті обертання трубовала з лопатями 0,735 1/хв. і зміні колової швидкості по довжині лопаті в межах 0,075...0,15 м/с, такі дані свідчать про суттєве як, поздовжнє так і поперечне перемішування сокостружкової суміші. Їх наявність зменшує рушійну силу процесу екстрагування, продуктивність колони і збільшує втрати цукрози в жомі.

Збільшення продуктивності колонних дифузійних установок за рахунок збільшення діаметра колон і їх висоти при збереженні незмінності параметрів установки лопатей і контр лопатей по висоті корпусу є причиною збільшеного перемішування сокостружкової суміші і погіршення якісних показників дифузійного соку.

На інтенсивність перемішування крім конструктивних факторів значний вплив має зміна структурно-механічних властивостей сокостружкової суміші. На рис.3 наведено характер зміни модуля пружності  $E$ (МПа) сокостружкової суміші по висоті колони в чотирьох зонах, (а) та зміну величини питомого навантаження ( $\delta$ ) в цих же зонах.



*Рис.3.* Графіки зміни модуля пружності та величини питомого навантаження:  $\alpha$  – зміна модуля пружності сокостружкової суміші в різних зонах по висоті колони;  $\bar{\delta}$  – зміна величини питомого навантаження по висоті колони

Виділені чотири зони залежності  $E(h)$  показують, що модуль пружності, з урахуванням зміни властивостей сокостружкової суміші і параметрів технологічного режиму роботи, неоднаковий по висоті колони. Суттєву різницю модуля пружності в зонах колони викликає зміна реологічних властивостей стружки та величини питомого навантаження сокостружкової суміші. В I зоні відбувається завантаження колони сокостружковою сумішшю з середнім співвідношенням стружка екстрагент в межах 1:4 відповідно. Це обумовлює малу величину питомого навантаження нижньої зони колони –  $340 \dots 350 \text{ кг/м}^3$ . За таких умов модуль пружності стружки становить  $0,6 \cdot 10^5 \dots 1,2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ . Транспортуючись по висоті I зони величина питомого навантаження поступово збільшується, а модуля пружності зменшується. В II зоні спостерігається різке збільшення  $E$ , що пояснюється зміною реологічних властивостей стружки під впливом теплової обробки. По висоті III та IV зон величина модуля пружності поступово падає. Питоме навантаження поступово збільшується по всій висоті колони. В нижній частині колони  $300\text{-}350 \text{ кг/м}^3$ , у верхній частині  $750\text{-}850 \text{ кг/м}^3$ . Це ускладнює роботу дифузійних апаратів, приводить до інерційних змін в процесі екстрагування.

Техніко-економічні показники цукрового заводу багато в чому визначаються надійною роботою колонної дифузійної установки. Досвід експлуатації дифузійних апаратів колонного типу показав, що близько 30% всіх поломок відбувається за рахунок виходу з ладу транспортних систем. Їх ремонт та усунення у виробничий період потребує великих витрат та при наявності одного апарату веде до тривалого простою заводу.

Елементи транспортних систем зазвичай виготовляють із конструкційних сталей марки Ст3 або нержавіючої сталі 12Х18Н10Т (ЄКА) Працюючи в

умовах знакозмінних механічних навантажень і змінних показників рН середовища такі системи швидко зношуються.

Нами була проведена робота по обстеженню ряду дифузійних колон на Лохвицькому (КД2-А30), Саливківському (ЄКА-3) та Узинському (КД2-А30) цукрових заводах.

Величину зношення робочих поверхонь вимірювали товщиноміром ультразвуковим А 1207 з вмонтованим п'єзоелектричним перетворювачем. Похибка вимірів, згідно паспортним даним приладу, складає 0,1 мм. (в діапазоні 0,6-300 мм.).

Методика проведення обстежень передбачала визначення товщини стінок лопатей в різних місцях (рис.4) Лопаті замірялися вздовж лобової кромки на відстані 50-100 мм. від неї в трьох точках: перший замір на відстані 50-100 мм. від валу, другий в середній частині лопаті, третій на відстані 50-100 мм. від її краю.

Результати замірів показали, що зношення лопатей транспортних систем колонних дифузійних апаратів має нерівномірний характер та змінюється як по висоті так і по діаметру колони. Зміна товщини металу окремих лопатей показано на рис.4, *a* та рис.5, *a*. Узагальнена зміна товщини лопатей має прямолінійний характер (рис.4, *б* та рис.5, *б*). На це мають вплив різні механічні та хімічні фактори. До механічних відносяться: контакт лопатей з сокостружковою сумішшю, різниця кількості контактів початкових та крайніх точок лопаті та зміна питомого навантаження по діаметру колони. До хімічних – зміна влищини рН.

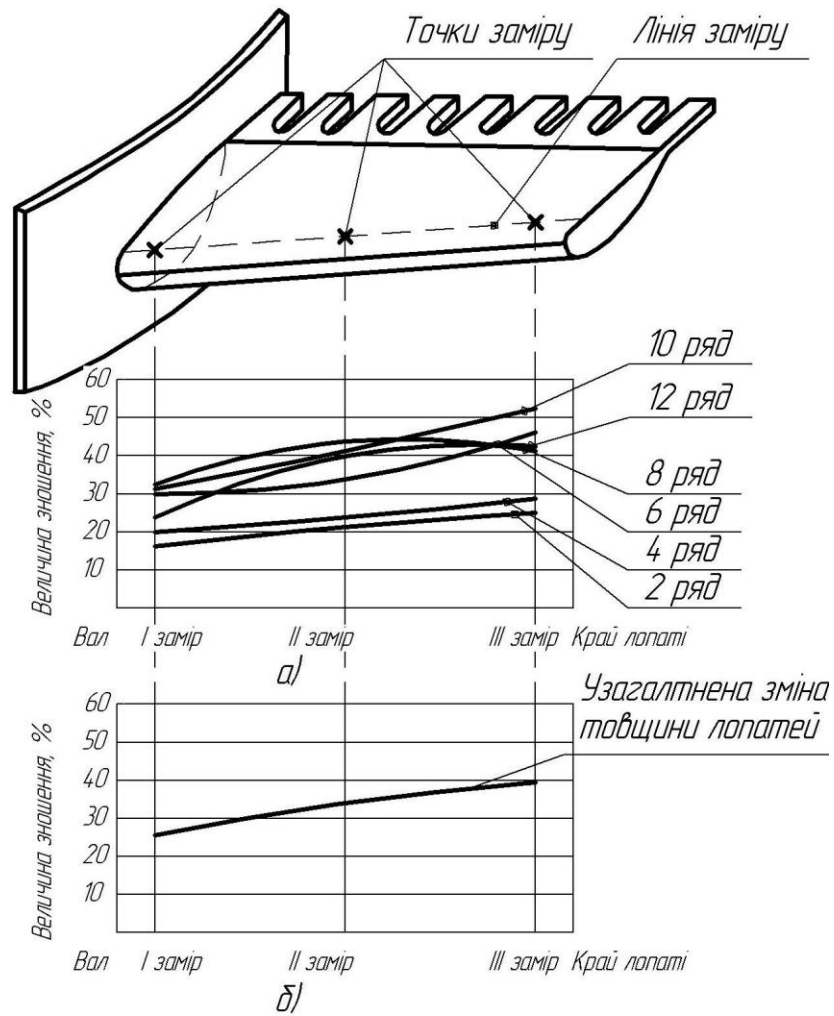


Рис.4. Характер зношення лопатей колонного дифузійного апарата КД2-А30 на Лохвицькому цукровому заводі: *a* – зміна товщини лопатей по їх довжині; *б* – узагальнена зміна товщини металу лопатей



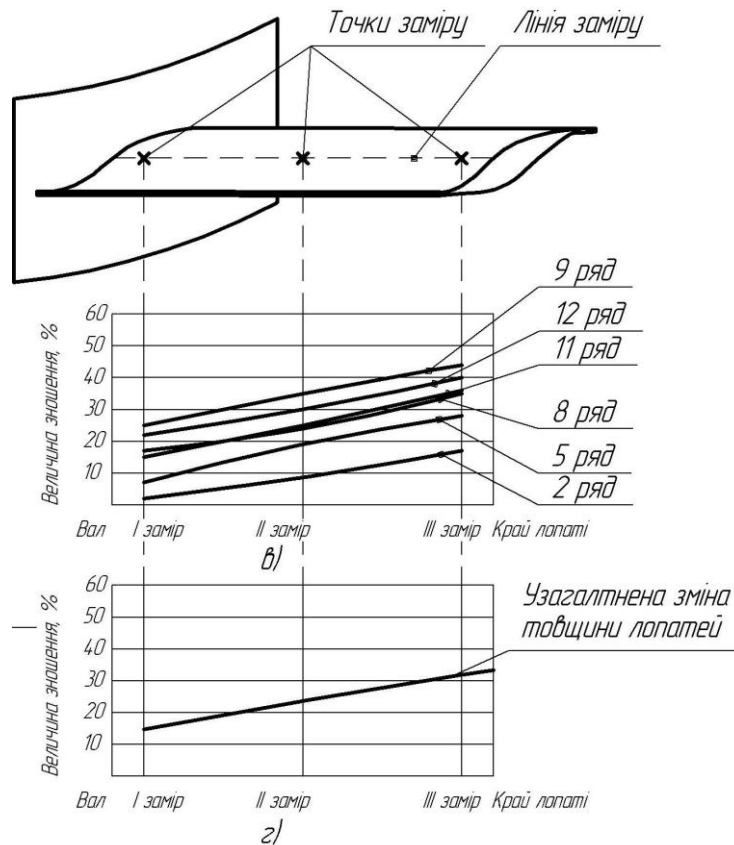


Рис.5. Характер зношення лопатей колонного дифузійного апарата ЄКА-3 на Саливінківському цукровому заводі: *a* – зміна товщини лопатей по їх довжині; *б* – узагальнена зміна товщини металу лопатей

Сокостружкова суміш, що подається з ошпарювача, являє собою агресивне середовище, в якому присутні домішки у вигляді піску, землі, глини та інших елементів, що не були відділені від буряків в процесі очищення та відмивання. Тертя стружки також сприяє абразивному зношенню.

Дію механічних факторів пояснимо розглянувши рух початкової (біля валу) та крайньої точок лопаті і знайдемо відстані які вони проходять за один оберт. В апараті ЄКА-3 наприклад, діаметр колони 6 м., діаметр вала 2,6 м. Початкова точка проходить свій шлях по колу довжиною 8,164 м., а крайня 18,5м. Отже крайня точка проходить в 2,27 рази довший шлях ніж початкова.

За рахунок зміни швидкостей по діаметру колони відбувається зміна питомого навантаження, яке збільшує силові навантаження на елементи

транспортної системи, що також впливає на швидкість їх механічного зношення.

Вимірювання величини зношення лопатей по висоті колони також показало його нерівномірний характер (рис.6). Серед факторів, що викликають такі зміни найвпливовішими є зміна питомого навантаження зміна модуля пружності. Спостерігається подібність графіків зношення лопатей з графіком зміни модуля пружності шару стружки. Звідси можна зробити висновки, що зміна модуля пружності має суттєвий вплив на характер зношення металу лопатей в процесі виробництва.

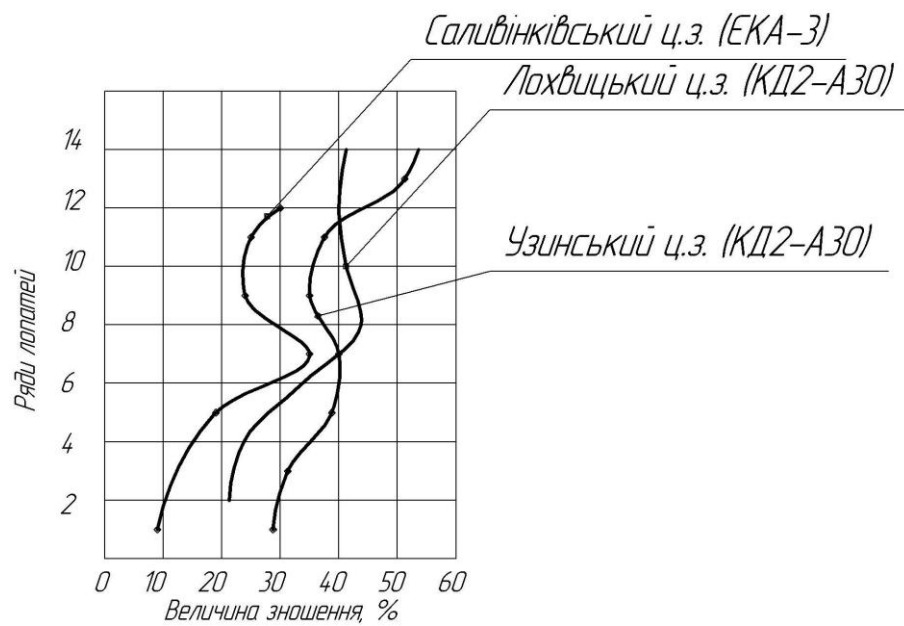


Рис.6. Графічна залежність величини зношення товщини металу лопатей по висоті колони

**Висновки.** Зміна продуктивності колони потребує дотримання раціонального співвідношення між її діаметром та висотою з використанням транспортних систем, які б забезпечували рівномірне питома навантаження об'єму апарата по висоті та його діаметрі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Верхола Л.А., Пушанко Н.Н., Василенко С.М., Табурчак В.Г.* Энергосберегающие направления модернизации колонных диффузионных установок. // Сахар. – 2010. – №8. – с. 34-40.
2. *Пушанко Н.Н.* Совершенствование процесса экстрагирования и его аппаратного оформления в свеклосахарном производстве. Дисс. докт. техн. наук. – К.: КТИПП. – 1983. - 383 с.
3. *Серёгин А.А.* Колонные диффузионные установки нового поколения ЭКА // Сахар – 2004. – №1. – с. 35-39.
4. *Прилуцкий И.И.* Основные факторы, влияющие на процесс диффузии в колонных аппаратах // Пищевая промышленность ЦИНТИ 62. – №8 – с. 5-8.

*Одержана редколегією 17.01.2011 р*