

Міністерство освіти і науки України  
Східноукраїнський національний університет  
імені Володимира Даля

Кафедра "Хімічної інженерії та екології"

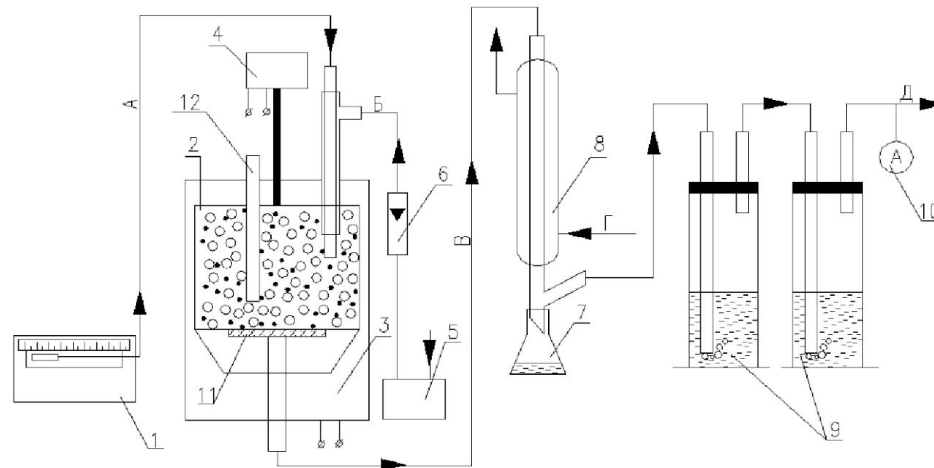
кваліфікаційна магістерська робота на тему:

Удосконалення процесів знешкодження рідких відходів  
виробництв оцтової кислоти потужністю 150 тис. т/рік

Здобувач вищої освіти гр. ПЕО – 17адм  
Керівник к.т.н., доц.

Чеботов Є.С.  
Зубцов Є.І.

2019 р.



Принципова схема лабораторної установки процесу каталітичного окиснення відходів виробництва оцтової кислоти за технологією аерозольного каталізу: 1 – шприцевий дозатор відходів; 2 – реактор; 3 – піч; 4 – магнітний пристрій; 5 – компресор; 6 – ротаметр; 7 – приймач конденсату; 8 – водяний холодильник; 9 – склянки Дрекселя; 10 – точка відбору газових проб; 11 – фільтр; 12 – кипення для термопар. А – відходи; Б – повітря; В – продукти реакції; Г – вода; Д – в атмосферу.

Окиснення відходів при відсутності каталізатора в реакційному обсязі (витрата відходів 0,1 мол/хв, частота коливань 6 Гц, амплітуда 8 мм, реакційний обсяг 42 см<sup>3</sup>, обсяг інерту 20 см<sup>3</sup>)

| №досл. | №оп. | G <sub>вход</sub> , л/год | α   | t, °C | τ, сек | Склад газової фази     |         |                         | G <sub>CO2</sub> , г/год | X <sub>CO2</sub> , % | W <sub>по CO2</sub> , кг/м <sup>3</sup> реак. об. * год |
|--------|------|---------------------------|-----|-------|--------|------------------------|---------|-------------------------|--------------------------|----------------------|---|
|        |      |                           |     |       |        | O <sub>2</sub> , % об. | CO, ppm | CO <sub>2</sub> , % об. |                          |                      |   |
| 1      | 1    | 30                        | 1,0 | 400   | 1,4    | 0,8                    | 5669    | 17,4                    | 10,3                     | 97,9                 | 244,1   |
|        | 2    | 48                        | 1,6 |       | 0,9    | 8,5                    | 4260    | 11,0                    | 10,4                     | 93,1                 | 236,9   |
|        | 3    | 71                        | 2,3 |       | 0,6    | 14,0                   | 2514    | 6,5                     | 9,1                      | 86,6                 | 215,8   |
|        | 4    | 95                        | 3,1 |       | 0,5    | 16,6                   | 2002    | 4,0                     | 7,5                      | 71,3                 | 177,7   |
|        | 5    | 120                       | 3,9 |       | 0,4    | 18,0                   | 1791    | 2,9                     | 7,3                      | 69,8                 | 174,0   |
| 2      | 6    | 48                        | 1,6 | 550   | 0,7    | 9,9                    | 12300   | 10,5                    | 9,9                      | 94,6                 | 235,7   |
|        | 7    | 71                        | 2,3 |       | 0,5    | 13,0                   | 7800    | 6,8                     | 9,5                      | 90,6                 | 225,8   |
|        | 8    | 95                        | 3,1 |       | 0,4    | 15,8                   | 6332    | 4,6                     | 8,6                      | 82,0                 | 204,4   |
|        | 9    | 120                       | 3,9 |       | 0,3    | 16,5                   | 3630    | 3,3                     | 7,8                      | 74,3                 | 185,2   |
| 3      | 10   | 71                        | 2,3 | 600   | 0,5    | 15,3                   | 8641    | 5,2                     | 7,3                      | 69,3                 | 172,7   |
|        | 11   | 95                        | 3,1 |       | 0,4    | 16,4                   | 6793    | 4,0                     | 7,5                      | 71,3                 | 177,7   |
|        | 12   | 120                       | 3,9 |       | 0,3    | 17,3                   | 4722    | 3,4                     | 8,0                      | 76,6                 | 190,8   |

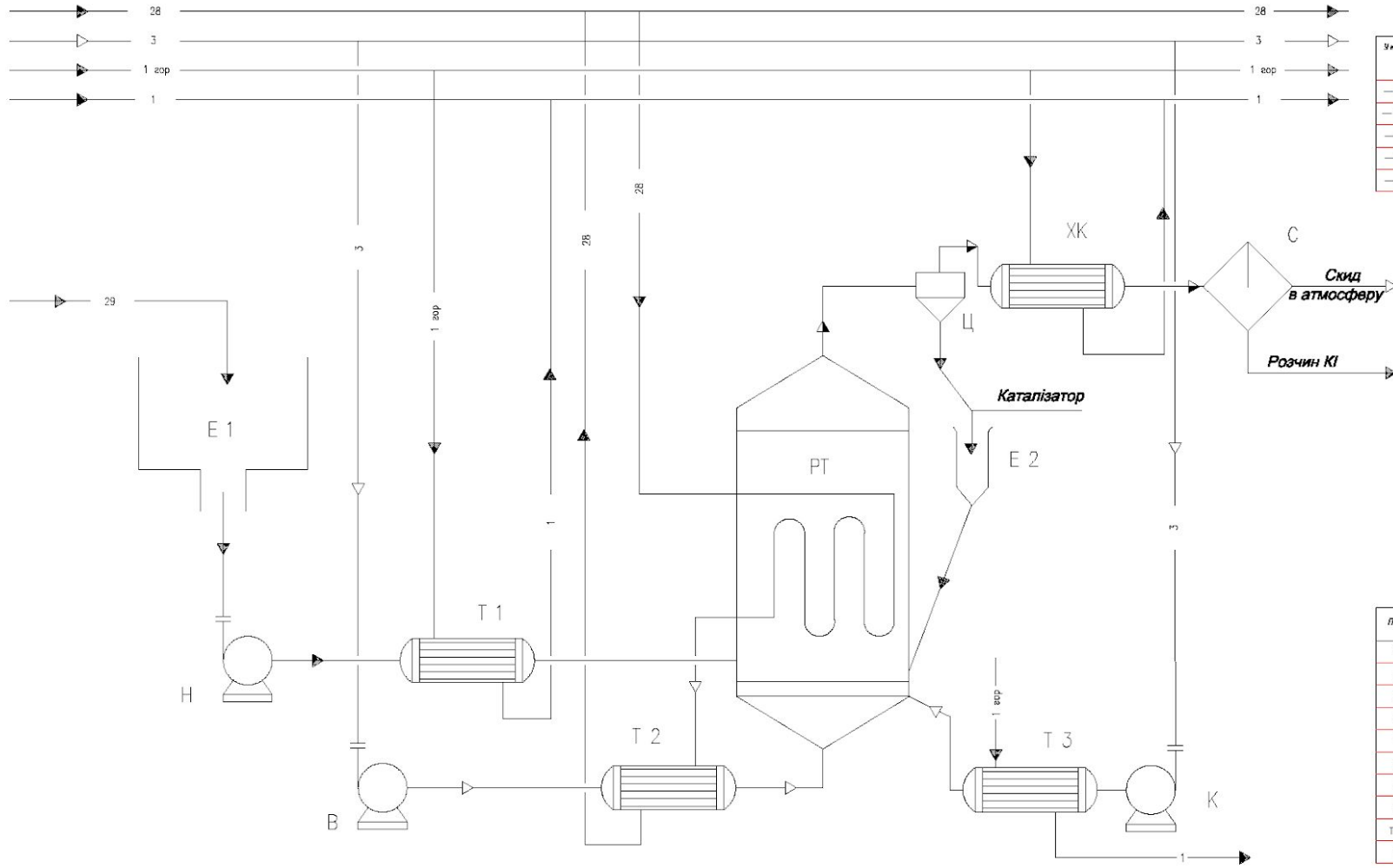
Експериментальні дані окиснення відходів з мінімальною кількістю каталізатора в реакційному обсязі (витрата відходів 0,1 мол/хв, повітря 95 л/год, частота коливань 6 Гц, амплітуда 8 мм, реакційний обсяг 42 см<sup>3</sup>, обсяг інерту 20 см<sup>3</sup>,  $\alpha = 3,09$ , при  $t = 500^{\circ}\text{C}$ , час контакту  $\tau = 0,39$  сек, при  $t = 450^{\circ}\text{C}$  -  $\tau = 0,42$  сек, при  $t = 400^{\circ}\text{C}$  -  $\tau = 0,45$  с)

| №доп | №оп. | t, °C | Склад газової фази |                         | G <sub>CO2</sub> , г/год | X <sub>CO2</sub> , % | W <sub>но CO2</sub> , кг/м <sup>3</sup> <sub>реак. об.</sub> ·ГОД |
|------|------|-------|--------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|---|
|      |      |       | CO, ppm            | CO <sub>2</sub> , % об. |                          |                      |   |
| 1    | 1    | 500   | 2795               | 4,2                     | 7,8                      | 74,9                 | 186,6   |
|      | 2    |       | 3561               | 4,5                     | 8,4                      | 80,2                 | 199,9   |
|      | 3    |       | 3436               | 4,2                     | 7,8                      | 74,9                 | 186,6   |
|      | 4    |       | 2827               | 4,4                     | 8,2                      | 78,4                 | 195,5   |
| 2    | 5    | 450   | 4115               | 5,0                     | 9,3                      | 89,1                 | 222,2   |
|      | 6    |       | 3602               | 4,8                     | 8,9                      | 85,5                 | 213,3   |
|      | 7    |       | 4276               | 4,9                     | 9,1                      | 87,3                 | 217,7   |
|      | 8    |       | 4296               | 5,0                     | 9,3                      | 89,1                 | 222,2   |
| 3    | 9    | 400   | 3657               | 5,1                     | 9,5                      | 90,9                 | 226,6   |
|      | 10   |       | 3140               | 5,0                     | 9,3                      | 89,1                 | 222,2   |
|      | 11   |       | 4051               | 5,2                     | 9,7                      | 92,6                 | 231,1   |

Експериментальні дані окиснення відходів з каталізатором нанесеним на інерт і в реакційному об'ємі (витрата відходів 0,1 мол/хв, повітря 95 л/год, частота коливань 6 Гц, амплітуда 8 мм, реакційний обсяг 42 см<sup>3</sup>, обсяг інерту 20 см<sup>3</sup>,  $\alpha = 3,09$ ,  $t = 500^{\circ}\text{C}$ , час контакту  $\tau = 0,39$  с)

| №с. | № оп. | m <sub>кат</sub> , г | CO <sub>2</sub> , % об. | G <sub>CO2</sub> , г/год | X <sub>CO2</sub> , % | W <sub>но CO2</sub> , кг/м <sup>3</sup> <sub>реак. об.</sub> ·ГОД |
|-----|-------|----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|---|
| 1   | 1     | 0,3                  | 3,6                     | 6,7                      | 64,2                 | 160,0   |
|     | 2     |                      | 3,8                     | 7,1                      | 67,7                 | 168,8   |
|     | 3     |                      | 4,2                     | 7,8                      | 74,9                 | 186,6   |
|     | 4     |                      | 4,3                     | 8,0                      | 76,6                 | 191,1   |
| 2   | 1     | 0,4                  | 4,8                     | 9,0                      | 85,6                 | 213,3   |
|     | 2     |                      | 4,0                     | 7,5                      | 71,3                 | 177,7   |
|     | 3     |                      | 4,8                     | 9,0                      | 85,6                 | 213,3   |
|     | 4     |                      | 4,8                     | 9,0                      | 85,6                 | 213,3   |
|     | 5     |                      | 4,0                     | 7,5                      | 71,3                 | 177,7   |

Концентрація CO в обох серіях варіювалася в інтервалі від 1265 до 1614 ppm, що в ~ 2 рази нижче чим при проведенні процесу з не запыленим інертним.



| Умовні графічні позначення | Найменування сервісів у трубопроводі |
|----------------------------|--------------------------------------|
| — 1 — 1 —                  | Вода оборотна                        |
| — 1 вор — 1 вор —          | Вода гаряча                          |
| — 3 — 3 —                  | Повітря                              |
| — 28 — 28 —                | Конденсат                            |
| — 29 — 29 —                | Сировина                             |

| Позн. | Найменування  |
|-------|---------------|
| PT    | Реактор       |
| E1    | Емність       |
| E2    | Бункер        |
| C     | Сепаратор     |
| H     | Насос         |
| B     | Повітрядудка  |
| K     | Компресор     |
| ЖК    | Холодильник   |
| П-3   | Теплообмінник |
| Ц     | Циклон        |

Матеріальний баланс процесу окиснення кубових залишків

| Прихід                             |          |       |                     | Витрата          |          |       |                     |
|------------------------------------|----------|-------|---------------------|------------------|----------|-------|---------------------|
| КОМПОНЕНТИ                         | кг/ГОД   | %     | м <sup>3</sup> /ГОД | КОМПОНЕНТИ       | кг/ГОД   | %     | м <sup>3</sup> /ГОД |
| CH <sub>3</sub> COOH               | 4,43     | 1,54  | 1,65                | CO <sub>2</sub>  | 65,2805  | 22,83 | 33,23               |
| CH <sub>3</sub> I                  | 0,036    | 0,01  | 0,0063              | H <sub>2</sub> O | 27,2675  | 9,53  | 33,93               |
| C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>     | 4,43     | 1,54  | 0,7                 | HI               | 0,0321   | 0,01  | 0,0063              |
| C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOH | 26,82    | 9,35  | 8,11                | N <sub>2</sub>   | 193,399  | 67,63 | 152,12              |
| Повітря:                           |          |       |                     |                  |          |       |                     |
| O <sub>2</sub>                     | 57,7685  | 20,14 | 40,44               |                  |          |       |                     |
| N <sub>2</sub>                     | 193,399  | 67,41 | 152,12              |                  |          |       |                     |
| Σ                                  | 286,8835 | 100   | 203,03              |                  | 285,9791 | 100   | 219,3               |



| Показники  | Одиниці вимірювання | Діюче виробництво | Проектоване виробництво | Зміна показників, % |
|--|---------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|
| Річний обсяг виробництва продукції:                |                     |                   |                         |                     |
| -у натуральному виразі                             | тис. т              | 150               | 150                     | 0                   |
| -у вартісному виразі                               | тис. грн            | 250500            | 250500                  | 0                   |
| Річна собівартість виробництва продукції           | тис. грн            | 199663,5          | 199017,45               | - 0,3233            |
| Річний прибуток від виробництва продукції          | тис. грн            | 50836,5           | 51482,55                | 1,271               |
| Ціна одиниці продукції                             | грн / т             | 1670              | 1670                    | 0                   |
| Собівартість одиниці продукції                     | грн / т             | 1331,09           | 1326,783                | - 0,3233            |
| Прибуток на одиницю виробленої продукції           | грн / т             | 338,91            | 343,217                 | 1,271               |
| Рентабельність витрат на вир-во продукції          | %                   | 25,46             | 25,87                   | 0,410               |
| Вартість основних виробничих фондів                | тис. грн            | 123928,39         | 124058,6                | 0,105               |
| Фондовіддача                                       | грн/грн             | 2,0213            | 2,0192                  | - 0,104             |
| Чисельність працівників                            | осіб                | 148               | 148                     | 0                   |
| Продуктивність праці робітників                    | тис. т/люд.         | 1,24              | 1,24                    | 0                   |
| Рентабельність основних виробничих фондів          | %                   | 41,02             | 41,49                   | 0,47                |
| Річний економічний ефект від зниження собівартості | тис. грн            | -                 | 646,05                  |                     |
| Еколого-економічний збиток                         | грн.                | 232,31            | 56,72                   | - 175,6             |
| Плата за забруднення навколишнього середовища      | грн.                | 39645,63          | 9711,21                 | - 75,51             |
| Усунений еколого-економічний збиток                | грн.                | -                 | 175,6                   | -                   |
| Загальний еколого-економічний ефект проекту        | тис. грн.           |                   | 656,63                  |                     |