

УДК 621.45.037

**Дуганець В.І.***к.т.н., доцент***Божок А.М.***доцент***Майсус В.В.***старший викладач***Олексійко С.Л.***асистент***Волинкін М.П.***магістр***Пукас В.Л.***аспірант**кафедра тракторів, автомобілів та енергетичних засобів**Інженерно-технічний факультет**Подільський державний аграрно-технічний університет**Кам'янець-Подільський, Україна**E-mail: [duganec-viktor@rambler.ru](mailto:duganec-viktor@rambler.ru)*

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВИРОБНОСТІ КОМПРЕСОРНОЇ УСТАНОВКИ

Для стиснення газоподібних тіл, завдяки ряду переваг, найбільшого застосування знайшли поршневі компресорні установки з приводом від двигунів внутрішнього згорання, в яких задана частота обертання підтримується дозуванням подачі в циліндри палива системою автоматичного регулювання. Різна кількість одночасно задіяних споживачів і нерівномірність споживання ними стисненого газу обумовили потребу установки ресиверів із запобіжними клапанами пониження надлишкового тиску при невідповідності подачі і відбору з них газу. Це призводить до перевитрати двигунами палива, підвищення шуму в місцях робочої зони, а також до незручностей спричинених відсутністю пристроїв настройки і фіксації різної виробності. Вперше пропонується безступінчаста система автоматичного регулювання виробності компресорної установки змінюванням ходу поршня компресора. Вона реалізується розміщенням в контурі зворотного зв'язку, між приводом і компресором, корегуючого пристрою, важільного варіатора ходу поршня і показчика виробності, з можливим безступінчастим ручним настроюванням, автоматичним регулюванням, контролем і обліком її виробності. Для ручного настроювання виробності використовується кран-фіксатор тиску повітря, що поступає з ресивера в пневматичний диференціатор і підсумовувач регулюючих сигналів пропорційних змінюванню тиску в ресивері і швидкості його змінювання, з подальшою подачею результуючого сигналу на орган керування варіатором, забезпечуючи при незмінних частотах обертання привода і компресора безступеневе змінювання подачі в ресивер і підтримання в ньому стабільного тиску повітря при будь-якому відборі його споживачами. Контроль виробності компресорної установки виконується з використанням показів, зчитуваних зі шкали за відхиленнями стрілки показчика.

**Ключові слова:** кран-фіксатор, сільфон, пневмолінія, шкала, стрілка, показчик виробності, дросель, корегуючий пристрій, контур зворотного зв'язку, варіатор ходу поршня, диференціатор, підсумовувач сигналів.

**Вступ.** Стиснені газоподібні тіла, переважно повітря, широко використовуються в різних галузях народного господарства. Одним із джерел їх стиснення являються різних типів компресорні установки, з яких завдяки простоті конструкції, технічного обслуговування і надійності в роботі найбільшого застосування знайшли поршневі компресори. Однак, незважаючи на ряд переваг поршневі компресорні установки, здебільшого працюючі на споживачів стисненого повітря періодичної дії, викликані

нерівномірністю споживання газу, обладнуються ресиверами із запобіжними клапанами пониження в них надлишкового тиску при невідповідності подачі і відбору з них стисненого повітря. Це викликає перевитрату енергії на їх привод, погіршує умови праці підвищенням шуму в зоні роботи, крім цього мають місце певні незручності, пов'язані з відсутністю пристроїв ручної безступеневої настройки і фіксації різної виробності компресора і її безступеневого автоматичного регулювання. У зв'язку з цим підвищення ефективності використання компресорних установок, створення зручностей і покращення умов праці в зоні роботи обумовлює необхідність їх удосконалення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Відомі системи автоматичного регулювання виробності (САРВ) поршневих компресорних установок (КУ), які працюють за принципом дроселювання при всмоктуванні, відтискання пластин всмоктуючого клапана, відключення привода, змінювання об'єму мертвого простору і частоти обертання [11]. Через обмеженість використання електроприводу в теперішній час більш широко розповсюджений принцип змінювання частоти обертання на КУ, первинними джерелами енергії яких є карбюраторні двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) [4, 5, 7, 8]. Однак, недоліком їх є низькі динамічні показники регулювання частоти обертання в перехідних режимах експлуатації, обумовлені обмеженими функціональними можливостями, оскільки в них регулюючі вихідні сигнали формуються пропорційно тільки змінюванню тиску повітря в ресивері. Велика інерційність елементів САРВ і відстань між ними, регулюючі сигнали на орган дозування паливоподачі і клапани ДВЗ поступають із запізненням, що викликає, із-за відхилення в них і КУ частоти обертання, дефіцит або надлишок стисненого повітря в ресивері. В першому випадку стиснене повітря через запобіжний клапан випускається в атмосферу, підвищуючи шум в зоні робочих місць і витрату палива ДВЗ, а в другому – погіршується режим роботи пневматичного інструмента та робочого обладнання, що знижує їх виробність і якість виконуваних ними технологічних операцій [8, 11].

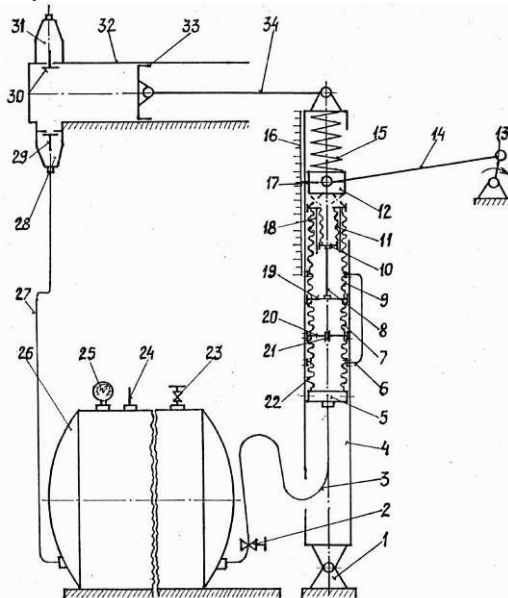
Для підвищення точності функціонування, САРВ удосконалювались підвищенням швидкодії органа паливоподачі ДВЗ шляхом введення в закон регулювання за сигналами змінювання тиску в ресивері додаткових корегуючих складових пропорційних швидкості, форсованій швидкості і прискоренню його змінювання [4,5,7]. Однак, удосконалення САРВ підвищенням точності підтримання заданої частоти обертання ДВЗ і КУ не забезпечує поточної відповідності виробництва і споживання стисненого повітря. Крім цього, в них виробність змінюється настроюванням частоти обертання ДВЗ при відсутніх пристроях контролю, що створює певні незручності і обмежує їх використання в агрегатах з іншими приводами.

**Мета.** Удосконалення конструкції поршневої компресорної установки із забезпеченням можливості ручного безступеневого настроювання, фіксації різної виробності і автоматичного регулювання її відповідно до відбору стисненого повітря споживачами, а також візуального за ним контролю і обліку.

**Методологія.** Принципова нова [5] схема розробленої авторами поршневої КУ з функціонально можливим ручним безступеневим настроюванням і пневматичним підсиленням, диференціюванням і підсумовування сигналів автоматичного регулювання виробності показана на рис. 1, де на корпусі 1 установлений ресивер 26 і порожнистий двоплечий важіль 4 корегуючого пристрою і варіатора ходу поршня з розміщеними у верхній частині пружиною 15 і рухомим фланцем 12 з'єднаним через шатун 14 із кривошипом 13 привода, а в нижній частині – сільфоном 22, зв'язаним із нерухомими фланцями 5,20. Сільфони 7,9 з'єднані одними торцями із спільним рухомим фланцем 19, а другими торцями – з фланцями 20,12. До фланця 12 приєднана напрямна 18 і один торець сільфона 11 диференціатора, зв'язаного другим торцем з фланцем 10 з'єднаним

тягою 8 із спільним фланцем 19 [1-3, 6, 9-10].

З ресивером 26 через гнучку пневмолінію 3 і кран-фіксатор 2 сполучені сільфони 22,9 через пневмолінію 6 безпосередньо, сільфон 7 – через дросель 21, а сільфон 11 через отвори у фланці 12 постійно – з атмосферою. З нагнітальним трубопроводом 28 компресора ресивер сполучений пневмолінією 27.



**Рис.1. Принципова схема системи автоматичного регулювання компресорної установки**

Надлишковий тиск з ресивера стравлюється в атмосферу через клапан 23, а відбір стисненого повітря для споживачів – через пневмолінію 24 [11].

Тиск повітря в ресивері контролюється манометром 25, а в сільфоні 22 фіксується краном-фіксатором 2.

Для контролю за виробністю КУ оснащена показником зі шкалою 16 проградуєваною в одиницях виробності, закріпленої на важелі 4 і стрілкою 17 з'єднаною з фланцем 12.

При відсутньому надлишковому тиску повітря абсолютний тиск в ресивері і сільфонах рівний атмосферному і пружина 15, долаючи зусилля жорсткості матеріалу стінок сільфонів, утримує фланець 12 у крайньому (нижньому) положенні, забезпечуючи максимальне відхилення верхнього плеча важеля 4, а отже, максимальний хід поршня 33 і виробність КУ. Від обертання кривошипа 13, зв'язаний через шатун 14, важіль 4 і шток 34, поршень 33 буде переміщатися праворуч, створюючи розрідження в безштоковій порожнині циліндра 32, в яку через трубопровод 31 і впускний клапан 30 поступатиме повітря із навколишнього середовища. Після проходження поршнем 33 правої мертвої точки і переміщення його ліворуч тиск у безштоковій порожнині підвищується, впускний клапан 30 закривається, а нагнітальний клапан 29 відкривається і стиснене повітря трубопроводом 28 і пневмолінією 27 поступить в ресивер 26, підвищуючи в ньому тиск. При цьому КУ буде працювати в режимі максимальної виробності, на що вкаже на шкалі 16 стрілка 17 показника, яка займатиме крайнє нижнє положення.

З наповненням ресивера 26 стиснене повітря через кран-фіксатор 2 і гнучку пневмолінію 3 поступатиме у сільфон 22, звідки через дросель 21 – у сільфон 7, а

пневмолінію 6 – у сильфон 9, підвищуючи в них тиск. Через наявність дроселя 21 тиск у сильфоні 7 наростатиме повільніше, ніж у сильфоні 9, внаслідок чого рухомий фланець 19 і, зв'язаний з ним тягою 8, фланець 10 перемістяться донизу, зменшуючи об'єм сильфона 9, і відповідно, підвищуючи в ньому тиск. Таким чином, в перехідному процесі автоматичного регулювання виробності в сильфоні 9 будуть підсумовуватися два тиски – перший, пропорційний змінюванню тиску в ресивері 26 і сильфоні 22, і другого, - пропорційного швидкості його змінювання. Під дією результуючого тиску фланець 12, долаючи зусилля опору пружини 15, переміститься в бік верхнього плеча важеля 4, автоматично зменшуючи його передаточне відношення, і відповідно, через шток 34 переміщення поршня 33. Внаслідок різкого безступінчастого зменшення ходу поршня різко зменшиться і виробність КУ, яка з більшою точністю буде відповідати кількості повітря, яке поступатиме з ресивера до споживачів, на що вкаже переміщення догори стрілки 17 по шкалі 16.

З відбором частини повітря із ресивера 26 і пониження в ньому і сильфоні 22 тиску пристрій перетворення тисків буде працювати аналогічно, тільки вже рухомі його деталі будуть переміщатися у зворотному напрямку, безступенево різко збільшуючи при цьому передаточне відношення важеля 4 і хід поршня 33, а отже, і виробність КУ.

У випадку припинення відбору повітря із ресивера 26 і збільшення в ньому тиску корегуючий пристрій зменшить хід поршня 33 настільки, що подача повітря в ресивер припиниться і КУ працюватиме на холостому режимі, на що вкаже на шкалі 16 стрілка 17, яка буде займати крайнє верхнє положення.

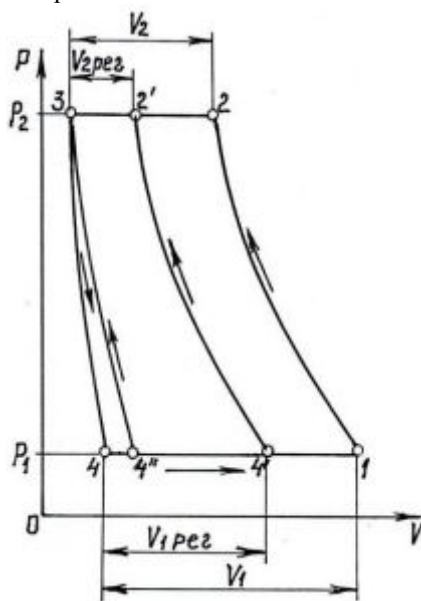


Рис. 2. Регулювання виробності компресорної установки змінюванням ходу поршня

В описаних випадках роботи виробність КУ, залежно від величини відбору із ресивера повітря підтримується автоматично. Однак, при необхідності, є можливість ручної настройки і фіксації виробності при будь-якому за величиною відборі стисненого повітря. Для цього достатньо краном 2 зафіксувати в сильфоні 22 тиск повітря, а отже, хід поршня 33, який відповідатиме за показами стрілки 17 необхідній виробності. Дане технічне рішення, завдяки гнучкості ручного настроювання і автоматичного регулювання виробності, забезпечує можливість експлуатувати КУ на оптимальних режимах.

Виробність поршневого компресора простої дії з одним циліндром [1]:

$$Q = [1 - a(\varepsilon^{1/n_p} - 1)] \lambda_T \cdot \lambda_G \cdot V_p \cdot n,$$

де  $Q$  - виробність;

$$a = \frac{V_M}{V_p} - \text{відносний об'єм мертвого простору};$$

$V_M$  - об'єм мертвого простору;

$$V_p = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot S - \text{робочий об'єм циліндра};$$

$D$  - діаметр циліндра;

$S$  - хід поршня;

$n_p$  - показник політропи розширення;

$$\varepsilon = \frac{P_2}{P_1} - \text{ступінь стиску};$$

$P_1$  і  $P_2$  - тиск всмоктування і нагнітання газу;

$\lambda_T$  - термічний коефіцієнт, враховуючий нагрівання газу від гарячих контактних поверхонь;

$\lambda_G$  - коефіцієнт, враховуючий неповну герметичність циліндра компресора;

$n$  - кількість подвійних ходів поршня за хвилину.

Із формули слідує, що при  $V_M = \text{const}$ ,  $n = \text{const}$  і  $\varepsilon = \text{const}$  виробність можна змінювати робочим об'ємом циліндра і ходом поршня.

Процес регулювання виробності компресора змінюванням ходу поршня показаний на рис. 2. При  $S_1$  об'єм всмоктування  $V_1$ . Якщо зменшити хід поршня до  $S_{1\text{пер}}$ , то політропа розширення буде  $3-4-4'$  і об'єм всмоктування буде  $V_{1\text{пер}} < V_1$ , а політропа стискування газу при цьому буде відповідати газу, що подається  $V_{2\text{пер}} < V_2$ . В кінцевому результаті  $S$  можна зменшувати настільки, що політропи розширення і стискування співпадуть і індикаторна діаграма представиться лінією  $4''-3$ . В цьому випадку компресор не всмоктує і не подає, оскільки клапани всмоктування і нагнітання закриті і в циліндрі відбувається розширення і стискування постійної кількості газу.

**Результати.** За результатами виконаної розробки встановлено, що виробність поршневої компресорної установки можна регулювати без змін частоти обертання використовуваного привода. Розроблена система, працююча за принципом відхилення, включає додатковий контур зворотного зв'язку розміщений між приводом і компресором, входом якого є тиск повітря в ресивері, а виходом – переміщення поршня компресора. Зв'язок між ними забезпечується послідовно установленими в контур корегуючого регулюючі сигнали пристроєм і важільним варіатором змінювання ходу поршня. Для підвищення точності розроблюваної системи коригуючий пристрій повинен включати механізми підсилення і диференціювання сигналів, що проходять крізь них, з

пневматичним підсумовуванням результуючого. Розширення функціональних можливостей і універсальне використання системи на різних компресорних установках забезпечується механізмом ручного налаштування виробності, а зручності при контролі і обліку – її показчиком.

**Висновки.** 1. Пропоноване удосконалення у вигляді окремої приставки контура зворотного зв'язку може бути реалізоване без суттєвих змін конструкції базових деталей серійних поршневих компресорних установок.

2. Для спрощення конструкції в коригуючому пристрої раціонально встановлювати пневматичні механізми, що підсилюють, диференціюють і підсумовують сигнали.

3. Ручне налаштування виробності здійснювати краном-фіксатором тиску повітря поступаючого із ресивера в коригуючий пристрій.

4. Застосування розробленої системи, при економії енергії привода і забезпеченні стабільного тиску в ресивері, дасть можливість підвищити ефективність використання компресорних установок з будь-яким приводом, створить зручності і покращить умови праці в зоні їх роботи, а також підвищить виробність пневматичного інструмента та робочого обладнання і якість виконуваних ними технологічних операцій.

5. Компактна конструктивна схема контура зворотного зв'язку, поєднуючи механізми підсилення, диференціювання і підсумовування виконавчих сигналів, з механізмом важільного варіатора, сприятиме впровадженню системи у виробництво.

#### Список використаних джерел

1. Бесекаерский, В. А. Теория автоматического регулирования [Текст] : монография / В. А. Бесекаерский, Е. П. Попов – М.: Наука, 1972. – 768 с.
2. Емельянов, А. И. Практические расчеты в автоматике [Текст] : / А. И. Емельянов, В. А. Емельянов, С. А. Калинина. – М. : Машиностроение, 1967. – 316 с.
3. Кожевников, С. Н. Механизмы [Текст] : Справочник / С. Н. Кожевников, Я. Н. Еспенко, Я. М. Раскин ; Изд. 4-е, перераб. и доп. ; Под ред. С. Н. Кожевникова. – М. : Машиностроение, 1976. – 784 с.
4. Пат. 71466 Україна, МПК<sup>7</sup> F04B 45/00 (2012.01). Система автоматичного регулювання продуктивності компресорної станції ЗИФ-55 [Текст] / А. М. Божок, В. П. Кримський (Україна) ; заявник та патентовласник А. М. Божок, В. П. Кримський – №201200682 ; заявл. 23.01.2012 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13. – 4 с.
5. Пат. 99948 Україна, МПК<sup>7</sup> F04B 45/00 (2015.01). Пропорційно-диференціальна система автоматичного регулювання продуктивності компресорної станції ЗИФ-55 [Текст] / А. М. Божок, Д. А. Окіпняк, А. С. Окіпняк, В. Г. Родіков (Україна) ; заявник та патентовласник А. М. Божок, Д. А. Окіпняк, А. С. Окіпняк, В. Г. Родіков. – №201501464 ; заявл. 19.02.2015 ; опубл. 25.06.2015, Бюл. № 12. – 4 с.
6. Пат. 104727 Україна, МПК F04B 45/00 (2016.01). Компресорна установка [Текст] / В. І. Дуганець, А. М. Божок, В. В. Майсус, М. П. Волинкін (Україна) ; заявник та патентовласник В. І. Дуганець, А. М. Божок, В. В. Майсус, М. П. Волинкін – №201509095 ; заявл. 21.09.2015 ; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 3. – 5 с.
7. Пат. 104933 Україна, МПК F04B 45/00 (2016.01). Тримпульсна система автоматичного регулювання продуктивності компресорної станції ЗИФ-55 [Текст] / А. М. Божок, Д. А. Окіпняк, А. С. Окіпняк (Україна) ; заявник та патентовласник А. М. Божок, Д. А. Окіпняк, А. С. Окіпняк. – №201508628 ; заявл. 07.09.2015 ; опубл. 25.02.2016, Бюл. № 4. – 5 с.
8. Руководство по устройству и эксплуатации компрессорных станций и пневматических инструментов [Текст]. – М.: Военное издательство Министерства обороны Союза ССР, 1959. – 182 с.
9. Современные методы проектирования систем автоматического управления: Синтез и анализ [Текст] / под общ. ред. Б. Н. Петрова, В. В. Солодовникова, Ю. И. Топчиева. – М. : Машиностроение, 1989. – 752 с.
10. Топчиев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования

[Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. И. Топчев. – М. : Машиностроение, 1989. – 752 с.

11. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры [Текст] : учеб. для теплоэнергетических специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. М. Черкасский. – М. : Энергоиздат, 1984. – 416 с.

#### References

1. Besekerskiy, V. A., & Popov, E. P. (1972). *Teoriya avtomaticheskogo regulirovaniya* [The theory of automatic control]. Moscow : Nauka [Science] [in Rus.].

2. Emel'janov, A. I., Emel'janov, V. A., & Kalinina, S. A. (1967). *Prakticheskie raschety v avtomatike* [Practical calculations in automation]. Moscow : Mashinostroenie [Mechanical engineering] [in Rus.].

3. Kozhevnikov, S. N. (Ed.), Esipenko, Ja. N., & Raskin Ja. M. (1976). *Mehanizmy* [Tekst]. Moscow : Mashinostroenie [Mechanical engineering] [in Rus.].

4. Bozhok, A. M. & Krims'kiy, V. P. (2012). *Sistema avtomatichnogo reguljuvannja produktivnosti kompresornoj stancii ZIF-55* [Compressor station performance automatic control system ZIF-55] Ukraine Patent № 71466, Derzhavna sluzhba intelektual'noi vlasnosti Ukraïni [The State Intellectual Property Service of Ukraine]. Kiev [in Ukr.].

5. Bozhok, A. M., Okipnjak, D. A., Okipnjak, A. S., & Rodikov, V. G. (2015). *Proporcijno-diferencial'na sistema avtomatichnogo reguljuvannja produktivnosti kompresornoj stancii ZIF-55* [System of automatic control performance of the compressor station ZIF-55]. Ukraine Patent № 99948, Derzhavna sluzhba intelektual'noi vlasnosti Ukraïni [The State Intellectual Property Service of Ukraine]. Kiev [in Ukr.].

6. Duganec', V. I. Bozhok, A. M. Majsus, V. V., & Volinkin, M. P. (2016). A. M. *Kompresorna ustanovka* [Compressed air system]. Ukraine Patent № 104727, Derzhavna sluzhba intelektual'noi vlasnosti Ukraïni [The State Intellectual Property Service of Ukraine]. Kiev [in Ukr.].

7. Bozhok, A. M., Okipnjak, D. A., & Okipnjak, A. S. (2016). *Triimpul'sna sistema avtomatichnogo reguljuvannja produktivnosti kompresornoj stancii ZIF-55* [Three-pulse system compressor station performance automatic control of ZIF-55]. Ukraine Patent № 104933. Derzhavna sluzhba intelektual'noi vlasnosti Ukraïni [The State Intellectual Property Service of Ukraine]. Kiev [in Ukr.].

8. *Rukovodstvo po ustrojstvu i jekspluatacii kompressornyh stancij i pnevmaticheskikh instrumentov* (1959) [The installation guide and the operation of compressor stations and pneumatic tools]. Moscow : Voennoe izdatel'stvo Ministerstva oborony Sojuza SSR [Military Publishing House of the Ministry of Defence of the USSR]. [in Rus.].

9. Petrov, B.N. Solodovnikov, V.V. & Topcheev, Ju.I. (1989). *Sovremennye metody proektirovaniya sistem avtomaticheskogo upravlenija: Sintez i analiz* [Modern methods of designing automatic control systems: Synthesis and Analysis]. Moscow : Mashinostroenie [Mechanical engineering] [in Rus.].

10. Topcheev Ju.I. (1989). *Atlas dlja proektirovaniya sistem avtomaticheskogo regulirovaniya* [Atlas for the design of automatic control systems]. Moscow : Mashinostroenie [Mechanical engineering] [in Rus.].

11. Cherkasskiy V.M. (1984). *Nasosy, ventiljatory, kompressory* [Pumps, fans, compressors]. М. : Jenergoizdat.

Дата надходження статті до редакції : 10.03.2016

1 рецензування 20.03.2016, прийняття в друк: 14.04.2016

Received: 10.03.2016 1st Revision: 20.03.2016 Accepted: 14.04.2016

**Victor Duganets**

*Ph.D., Assoc. Prof.*

**Arkady Bozhko**

*Asoc.Prof.*

**Basil Maysus**

*Senior Lecturer*

*Department of tractors, automobiles and power tools*

*Engineering Faculty*

*State Agrarian and Engineering University in Podilya*

*Kamenets-Podilsky, Ukraine*

*E-mail: [duganec-viktor@rambler.ru](mailto:duganec-viktor@rambler.ru)*

**Sergij Oleksijko**

Senior Lecturer

**Nikolai Volinkin**

Master

**Vitaly Pukas**

Graduate student

## AUTOMATIC CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT OF PERFORMANCE COMPRESSOR UNIT

*Development of automatic control system of compressor unit at a constant drive speed, and with stepless manual adjustment and visual controlling it is examined. Analysis of automatic control systems and change the drive speed of the heat engine was carried out using the theory of automatic control of fuel supply to the cylinders. Based on the analysis of advanced systems, with the introduction of other, forced, and the first two derivatives of the law regulating the speed, a fundamentally new system at a constant frequency of rotation of the drive has been proposed. establishment provides continuously variable stroke of automatic compressor or manual settings. Current control performed the usage of the deviations of the arrow pointer scale. Verification of the proposed methods was carried out due to theoretical research and analytical expression, analysis of indicator diagram of a piston compressor. The system of automatic control of compressor unit at a constant frequency of rotation of the drive, continuously variable manual settings, and visual inspection. It has been established that essential virobnist automatically provided for each customer with the selection of the compressed air.*

**Keywords:** crane lock pointer virobnosti correcting device, a feedback loop, variable stroke, differentiator, pidsumovuvach signals.

**Виктор Дуганец**

к.т.н., доцент

**Аркадий Божок**

доцент

**Василий Майсус**

старший преподаватель

**Сергей Олексийко**

ассистент

**Николай Волынкин**

магистр

**Виталий Пукас**

аспирант

кафедра тракторов, автомобилей и энергетических средств

Инженерно-технический факультет

Подольский государственный аграрно-технический университет

Каменец-Подольский, Украина

E-mail: [duganec-viktor@rambler.ru](mailto:duganec-viktor@rambler.ru)

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ

*Для сжатия газообразных тел, благодаря ряду преимуществ, наибольшее применение нашли поршневые компрессорные установки с приводом от двигателей внутреннего сгорания, в которых заданная частота вращения поддерживается дозированием подачи в цилиндры топлива системой автоматического регулирования. Разное количество одновременно задействованных потребителей и неравномерность потребления сжатого газа обусловили необходимость установки ресиверов с предохранительными клапанами понижения избыточного давления при несоответствии подачи и отбора из них газа. Это приводит к перерасходу топлива двигателями, повышению шума в местах рабочей зоны, а также к неудобствам, вызванным отсутствием*



устройств настройки и фиксации различной производительности.

Впервые предлагается бесступенчатая система автоматического регулирования производительности компрессорной установки изменением хода поршня компрессора. Она реализуется размещением в контуре обратной связи, между приводом и компрессором, корректирующего устройства, рычажного вариатора хода поршня и указателя производительности, с возможной бесступенчатой ручной настройкой, автоматическим регулированием, контролем и учетом ее производительности. Контроль производительности компрессорной установки выполняется с использованием показаний, считываемых со шкалы за отклонениями стрелки указателя.

**Ключевые слова:** кран-фиксатор, сиффон, пневмолиния, шкала, стрелка, указатель производительности, дроссель, корректирующее устройство, контур обратной связи, вариатор хода поршня, дифференциатор, суммирователь сигналов.

## УДК 632.315

**Думанський О.В.**

к.т.н., асистент

**Михайлова Л.М.**

к.т.н., доцент, заступник

декана

**Мельник В.В.**

асистент

кафедра сільськогосподарських машин і механізованих технологій

Інженерно-технічний факультет

Подільський державний аграрно-технічний університет

Кам'янець-Подільський, Україна

**E-mail:** [alexsaha80@mail.ru](mailto:alexsaha80@mail.ru)

**E-mail:** [mihajlovaimesg@gmail.com](mailto:mihajlovaimesg@gmail.com)

## ОБҐРУНТУВАННЯ ТИПУ ВИПРОМІНЮВАЧА ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЕНДОМЕТРИТУ ТВАРИН

У статті пропонується обґрунтувати випромінювач електромагнітної енергії для внутрішньоутробного лікування ендометриту великої рогатої худоби.

Дослідження спираються на аналізі діаграми направленості гофрованого конічного хвилеводу, яка побудована кутовим розподілом поля в площині вектора  $H$  і в площині вектора  $E$  для декількох значень радіуса  $a$ . Всі розрахунки проводилися на фіксованій частоті  $f = 30$  ГГц ( $\lambda_0 = 10$  мм). Аналіз гофрованого круглого хвилеводу проводимо шляхом умовного розрізу його перпендикулярно осі. У площині перетину розташовуємо початок прямокутної декартової системи координат, вісь якої збігається з напрямком поширення хвиль. При розрахунку подібного типу випромінюючих антен найбільшого поширення набув апертурний метод аналізу. Результати розрахунку зрізів діаграм спрямованості відкритого кінця круглого гофрованого хвилеводу в площинах вектора  $H$  і  $E$  гібридної сферичної хвилі  $HE_{11}$  розглянутого хвилеводу засвідчують, що вони звужуються. Дослідження показали, що наявність гофри призводить до того, що діаграма спрямованості такого опромінювача стає аксіально-симетричною. При цьому за рівнем  $-3$  дБ на відстані 180 мм від розкриття ширина діаграми спрямованості для обраного нами діаметра опромінювача, рівного 25 мм, становить 58 мм в площині ( $H$ -площина) і 61 мм в площині ( $E$ -площина), тобто, вона фактично аксіально-симетрична.

**Ключові слова:** ендометрит, лікування, електромагнітне випромінювання, гофра, хвилевід, дослідження, тварина.

**Вступ.** До антенної системи міліметрового діапазону довжин хвиль для внутрішньоутробного лікування ендометриту тварин великої рогатої худоби ставляться високі вимоги щодо ефективності та мінімального рівня бічного випромінювання. Крім того, випромінювач повинен сформувати вузьку, не більше 30 мм, з осью симетрії