

УДК 004.421 : 004.22 : 681.5

А. С. ВЕЧЕРКОВСЬКА, С. В. ПОПЕРЕШНЯК

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕМЕНТІВ З ПОРИСТОГО ПОЛІПРОПІЛЕНУ МЕТОДОМ ПНЕВМОЕКСТРУЗІЇ

Розглядається проблема автоматизації виробництва на прикладі виробництва елементів з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії, які використовуються в багатьох галузях виконуючи переважно функції фільтрації або дренажа. Виробництво таких елементів є на сьогодні важливим завданням, успішному вирішенню якого сприяє як правильний вибір конструкції апарату для виготовлення зазначених виробів так і автоматизація процесу виробництва. Одними із основних параметрів, від яких залежить весь процес виробництва, елементів з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії, що вимагає автоматизації є контроль швидкості подачі розплавленого поліпропілену та тиску при подачі матеріалу на форму. Запропоновані методика та алгоритм автоматизації виробництва, елементів з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії, які допомагають обрати визначені параметри. Результати досліджень можуть бути використані у виробництві поліпропіленових фільтруючих картриджів та дренажних систем.

Ключові слова: автоматизація виробництва, схема виробництва, блок-схема, методика, фільтрувальний елемент, дренажний елемент, елементи з поліпропілену.

Рассматривается проблема автоматизации производства на примере производства элементов из пористого полипропилена методом пневмоэкструзии, которые используются во многих отраслях выполняя преимущественно функции фильтра или дренажа. Производство таких элементов является сегодня важной задачей, успешному решению которой способствует как правильный выбор конструкции аппарата для изготовления указанных изделий, так и автоматизация процесса производства. Одними из основных параметров, от которых зависит весь процесс производства, элементов из пористого полипропилена методом пневмоэкструзии, который автоматизируется является контроль скорости подачи расплавленного полипропилена, а также давления при подаче материала на форму. Предложенные методика и алгоритм автоматизации производства, элементов из пористого полипропилена методом пневмоэкструзии, помогают выбрать определенные параметры. Результаты исследований могут быть использованы в производстве фильтрующих картриджей и дренажных систем, изготовленных из полипропилена.

Ключевые слова: автоматизация производства, схема производства, блок-схема, методика, фильтрующий элемент, дренажный элемент, элементы из полипропилена.

The problem of automation of production is considered on the example of production of elements from porous polypropylene by the method of pneumoextrusion. They are used in many industries, performing mainly filtration or drainage functions. The main areas of application of such elements are highlighted. The production of such elements is an important task today. Successful solution of this problem contributes as the right choice of the design of the apparatus for the manufacture of these products and automation of the production process. There is a dependence of the production process on many parameters. One of the main parameters is to control the flow rate of molten polypropylene and the pressure when applying the material to the mold. The technique of automation of production, elements from porous polypropylene by the method of pneumoextrusion is offered. The algorithm of automation of production, elements from porous polypropylene by the method of pneumoextrusion is offered. This technique and algorithm help to choose the main parameters on which the process of manufacturing these elements depends. The influence of these parameters on the density of the layer formed during the application of molten polypropylene is given. Research results can be used in the production of polypropylene filter cartridges and drainage systems.

Keywords: automation of production, production scheme, block diagram, methodology, filter element, drainage element, polypropylene elements.

Вступ. Важливе місце серед науково-технічних проблем розвитку промисловості відводиться автоматизації виробничих процесів і виробництв. Рівень розвитку держави та, відповідно, життя кожної людини залежить від того, наскільки ефективно впроваджується у виробництво нова техніка й технології.

Під механізацією технологічного процесу розуміють заміну фізичної праці людини роботою машин або механізмів.

Виробництво елементів з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії, які часто називають, не завжди правильно, з фільтруючі елементи, що поєднують продуктивність з високою утримуючою здатністю, є на сьогодні найважливішим завданням. Вирішенням цього завдання сприяє: правильний вибір конструкцій апарату для виготовлення таких елементів; вибір матеріалів; автоматизація процесу виробництва.

Автоматизація виробництва – це процес в розвитку машинного виробництва, при якому функції керування та контролю, які раніше виконувалися людиною, перекладаються на прилади та автоматичне обладнання [1].

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Одним із прикладів виробництва, яке потребує системного підходу до автоматизації є виробництво елементів з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії. На сьогоднішній день, процес výro-

бництва таких елементів із «вспіненого» поліпропілену запроваджено у багатьох країнах світу. У Європі та США дана технологія виробництва і нетканих полотен називається melt blowing, скорочено МВ, що дослівно означає «сплав, що роздувається». В Україні – пневмоекструзія, а картриджі – пневмоекструзині [2]. Процес цей унікальний, оскільки дозволяє отримати мікрволокна з діаметрами в діапазоні від 2 до 4 мікрон. Хоча технологія «здатна» і на більш тонкі волокна до 0,1 мікрона, і на більш грубі. Зрозуміло, що чим тонше діаметр волокон в шарі, тим менше розміри пори в фільтрувальному елементі і тим він краще затримує мікронні частки.

В роботах дослідників найчастіше розглядають нові технології в сфері фільтрувальних матеріалів, структури фільтрів, сировинний склад [3–8]. Також увага приділяється самому процесу фільтрації рідини через фільтруючий елемент [9, 10]. Але те що стосується автоматизації виробництв елементів з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії, то до сьогоднішнього дня немає схожих досліджень в цьому напрямку.

Ціль та задачі дослідження. Метою дослідження є аналіз технологічного процесу виробництва елементів з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії; визначення параметрів, від яких залежить процес виробництва цих елементів; мінімізація кількості парамет-

© А. С. Вечерковська, С. В. Поперешняк. 2017

рів, які впливають на технологічний процес, шляхом виділення залежності між зміною значення цих параметрів та діаметром волокон які наносяться на елемент, що формується; побудова алгоритму автоматизації виготовлення даних елементів використовуючи основні параметри.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Проаналізувати галузі використання елементів зі «вспіненого» поліпропілену.

2. Виділити основне призначення даних елементів та виділити необхідну кількість шарів для кожного випадку.

3. Проаналізувати вплив різних вхідних параметрів технологічного процесу виробництва елементів зі «вспіненого» поліпропілену на функції кінцевого продукту.

4. Визначити залежність між параметрами процесу виробництва поліпропіленових фільтруючих елементів, його результатами у вигляді фільтруючих елементів або дренажу та виділити мінімальну кількість основних параметрів, змінюючи які можна досягнути результату у вигляді елемента потрібного типу (або фільтруючий елемент, або дренаж).

5. Розробити алгоритм та методику автоматизації вибору параметрів виробництва в залежності від вимог замовника та галузі застосування продукції.

Результати дослідження

Розглянемо процес виготовлення елементів з пористого поліпропілену шляхом пневмоекструзії методом, який полягає в формуванні розплавленого поліпропілену через філь'єри з подальшим розтягуванням незастигло екструдату потоком гарячого повітря і нанесенням на обертовий гвинтовий циліндричний стержень. Конструкція приймального пристрою (він же обертається, гвинтовий стержень) дозволяє забезпечити безперервний процес формування безкаркасних елементів (рис. 1).

Отримана структура картриджів жорстка і стабільна, оскільки зафіксована термічними зшивками мікроволокон і трохи підпресована спеціальним валиком. При уявній простоті технології оператор повинен контролювати 19 параметрів процесу, враховуючи вхідний контроль якості вихідної сировини. Змінюючи ключові параметри, можна отримувати картриджі різного мікронного рейтингу від 1 до 100 мікрон, різної довжини і діаметру, починаючи з 10 дюймових закінчуючи 40 дюймовими.

Галузь застосування елементів, які виготовлені з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії, досить різноманітна, це й облаштування водозабірних свердловин, фільтрація палива та ПММ, застосування фільтрів в промисловості, фільтрування газів та повітря, використання дренажних систем в сільському господарстві та будівництві тощо (рис. 2).

Таким чином, проаналізувавши основні галузі

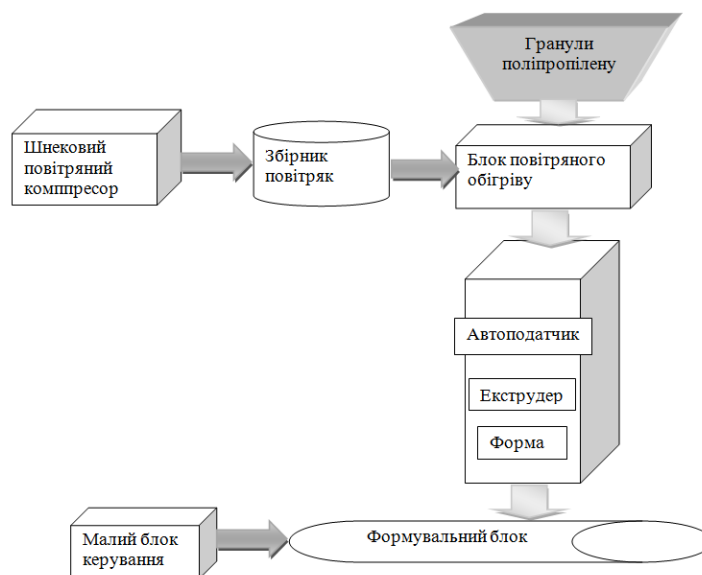


Рис. 1 – Схема виробництва елементів з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії

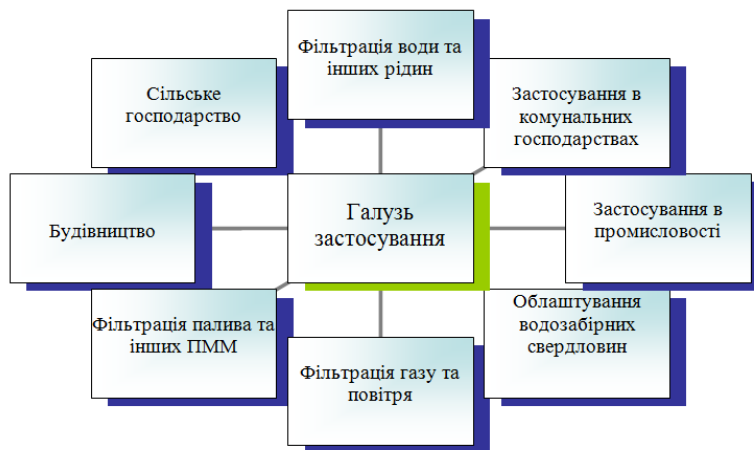


Рис. 2. – Галузі застосування елементів, які виготовлені з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії

застосування елементів, які виготовлені з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії, то їх можна умовно розділити на фільтрувальні та дренажні.

Фільтрувальні елементи. Фільтрувальні елементи застосовуються для очищення рідин та газів що мають певну кількість механічних домішок різних за розміром і фізичними властивостями.

Фільтрувальні елементи мають, як правило, три або більше шари різної структури за діаметром волокон і щільності матеріалу (рис. 3).

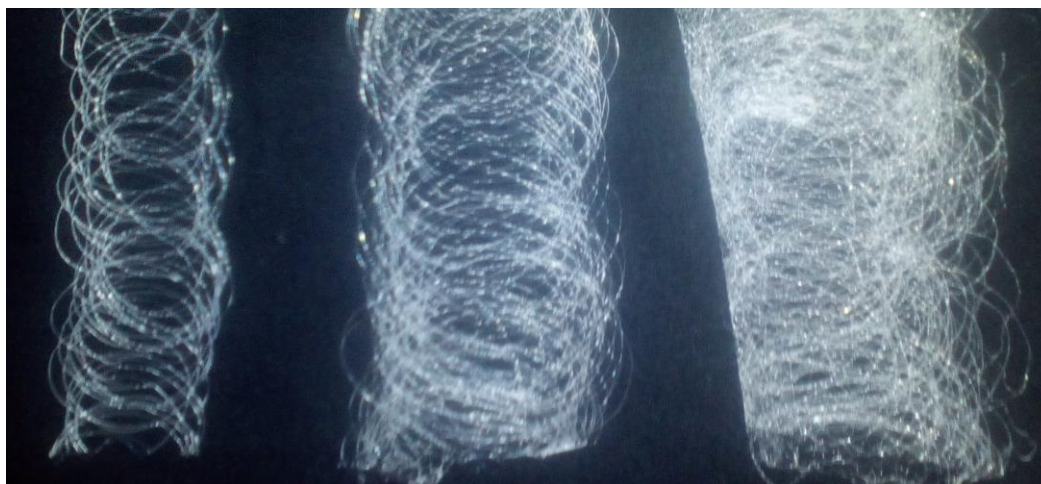


Рис. 3 – Приклади волокна з поліпропілену в залежності від діаметру

Наприклад, патронний фільтруючий елемент, який працює з подачею рідини зовні всередину має міцний та грубий внутрішній каркасний шар (табл. 1) на який накладається тонковолокнистий щільний фільтруючий шар, а далі, поверхневий шар меншої щільності, який виконує функції накопичувача бруду (рис. 4).

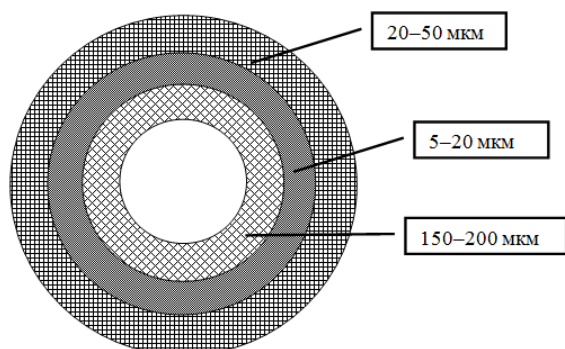


Рис. 4 – Схема тришарового фільтруючого елементу виготовленого із «вспененого» поліпропілену з зазначеними діаметром волокна на кожному з шарів (в розрізі)

Таблиця 1 – Залежність діаметру волокна від типу шару в фільтрувальному елементі

Назва шару	Діаметр волокна, мкм
Каркасний шар	150–200
Фільтруючий шар	5–20
Поверхневий шар	20–50

Дренажні елементи. Дренажні елементи застосовуються для збору або відведення значної кількості рідини з напіврідких шламонасичених суспензій з застосуванням обсипних шламозатримуючих матеріалів, наприклад: кварцеві піски, гравійні структури або щебеневий обсип.

При цьому дренажні елементи не виконують функцію фільтрування. Служать каркасним шаром, який не дає можливості обсипним матеріалам бути вимитим разом з відведеною рідиною.

Такі елементи виготовляються, як правило, одношаровими (рис. 5) з структурою і щільністю, що забезпечує розмір пори меншими за розмір частинок обсипного матеріалу і в той же час дозволяють максимальний дебіт даного елементу (табл. 2).

Таблиця 2 – Рекомендований діаметр волокна в залежності від обсипного матеріалу

Матеріал обсипки	Діаметр волокна, мкм
Кварцевий пісок крупнозернистий	100
Гравій	200–300
Щебінь	500

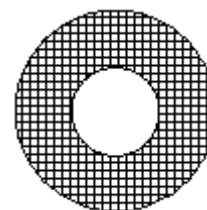


Рис. 5 – Схема одношарового дренажного елементу(в розрізі)

Множина параметрів технологічного процесу виготовлення елементів пористого поліпропілену методом пневмоекструзії. В процесі виробництва фільтруючих елементів і дренажних елементів, методом пневмоекструзії, для забезпечення певної структури кожного шару, можна змінювати значну кількість параметрів технологічного процесу.

Це такі параметри як:

- Температура плавлення в зонах обігріву екструдера і головки;
- Оберти дозуючого насоса і відповідно маси плаву полімеру;
- Тиск і температура повітря, що подається на формуючу голівку;
- Швидкість обертання прийомного механізму і його відстань до формуючої головки;
- Параметри каландруючого пристрою (при його використанні).

Треба також брати до уваги, що всі ці параметри будуть докорінно змінюватися при застосуванні в процесі виготовлення матеріалів сировини різних марок.

Якщо проаналізувати всі вхідні параметри, то впливає основна найважливіша задача автоматизації виробництва елементів з пористого поліпропілену методом екструзії – мінімізувати кількість регулюючих параметрів.

Кількість шарів в такому випадку може бути збільшено, починаючи з фільтруючого до зовнішнього, накопичувального, при цьому щільність матеріалу буде зменшуватися в напрямку зовнішнього шару. Цей процес у виробництві може бути як дискретний, так і неперервним.

Як зазначено вище, зауважимо, що ми будемо розглядати виготовлення елементів з пористого поліпропілену методом екструзії з однієї марки полімеру.

Експериментально обґрунтовано, що найбільш впливовими є два основних вхідних параметри, які впливають на діаметр волокна, який формується з розплавленого поліпропілену, а відповідно на щільність шару на виробі – це тиск повітря та швидкість подачі матеріалу (розплавленого поліпропілену).

Діаметр волокна для виготовлення шарів фільтрувального елемента, які змінюють між собою тонковолокнисті та товстоволокнисті шари, залежить від тиску повітря при нанесення волокон на продукт (рис. 6).

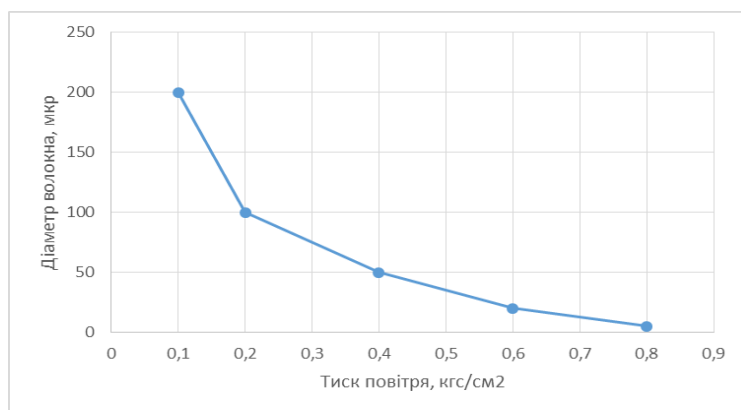


Рис. 6 – Графік залежності діаметра волокна від тиску повітря, що подається на формуючу голівку

Великі поверхні, такі як стрижні з безліччю отворів, дають низький опір, і тиск розплаву при чистих сітках може бути всього 6–10 МПа на наконечнику черв'яка. При виробництві більш тонкого шару, де товщина волокна близько 20 мікрон зазвичай дають 10–25 МПа, а невелика ізоляція проводу може давати до 50 МПа і більше. Головка з більш низьким тиском може дозволити здійснювати більш швидке виробництво, але, якщо товщина не однорідна, буде надлишковий витрата матеріалу або ж буде ризик появи браку.

Експериментальним шляхом встановлено, що зі збільшенням швидкості подачі поліпропілену на форму з 1000 до 5000 м/хв спостерігається значна зміна механічних властивостей волокон, що отримуються: зниження розривного подовження, підвищення модуля і міцності волокна (рис. 7).

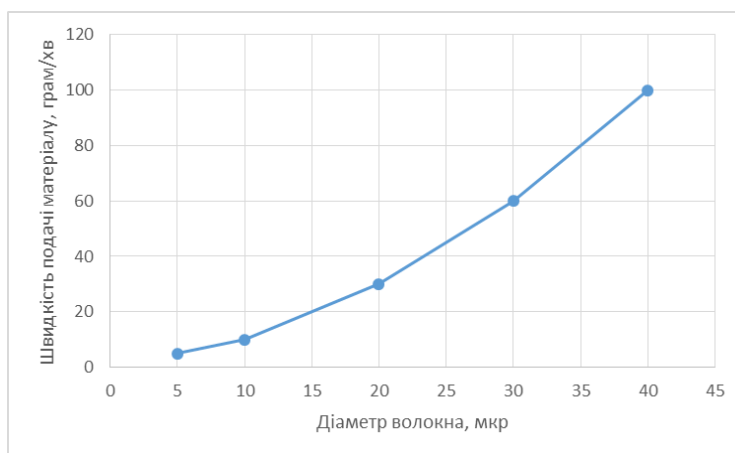


Рис. 7 – Графік залежності діаметра волокна від швидкості подачі матеріалу

Методика вибору параметрів системи в залежності від галузі виробництва

1. Визначити технічні умови (характеристики) галузі для якої буде вироблятися фільтруючий елемент.
2. Якщо виробляється дренажний елемент, який складається з одного шару волокон, то для нього необхідно встановити керуючі параметри, основними з яких є тиск повітря та швидкість подачі матеріалу.

3. Якщо відбуватиметься виробництво фільтрувального елемента, то для нього, спочатку необхідно визначити скільки і в якій черговості будуть наноситись шари. Потім так само, як для дренажного елемента задаються керуючі параметри перед початком нанесення кожного шару.

4. Здійснювати контроль параметрів на початку і при звершенні виробництва, уникати збоїв роботи обладнання.

Алгоритм автоматизованого управління вибором параметрів виробництва.

Алгоритм, являє собою послідовність дій, що ведуть до досягнення мети, яка полягає в отриманні інформації про значення найбільш важливих технологічних параметрів, таких як тиск повітря та швидкість подачі матеріалу. Блок-схема алгоритму автоматизованого управління вибором параметрів виробництва з пористого поліпропілену методом пневмоекструзії представлена на рис. 8

Спочатку вибирається галузь виробництва, для якої виготовляється продукт.

У загальних рисах цей алгоритм може бути наступним: визначити до якої галузі застосування буде належати фільтрувальний елемент, після задати відповідні параметри які можуть і будуть відрізнятися в залежності від шару. Контроль і встановлення параметрів можуть відбуватися на початку виробництва кожного шару.

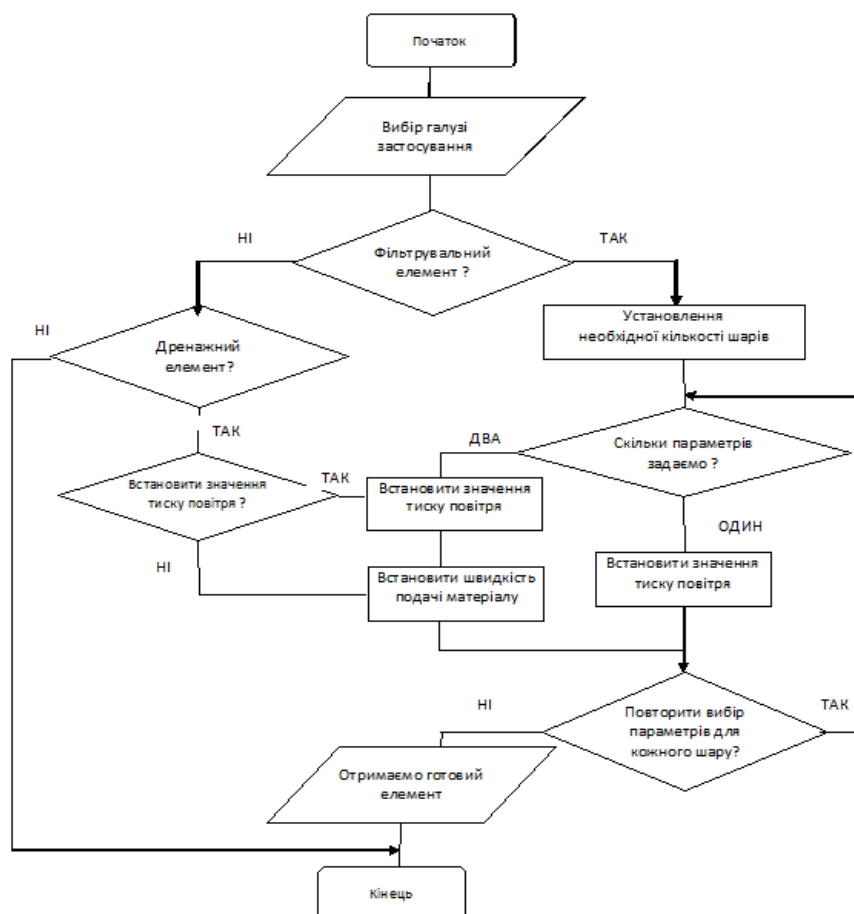


Рис. 8 – Блок-схема алгоритму автоматизованого управління вибором параметрів виробництва

Висновки. В результаті проведених досліджень:

1. Було проаналізовано та виділено основні галузі використання елементів зі «вспіненого» поліпропілену.

2. Проведено класифікацію даних елементів в залежності від основного призначення та рекомендовано необхідну кількість шарів для кожного випадку.

3. Проаналізовано вплив різних вхідних параметрів технологічного процесу виробництва елементів зі «вспіненого» поліпропілену на функції кінцевого продукту.

4. Виділено основні параметри від яких залежить виробництво елемента потрібного типу (або фільтруючий елемент, або дренаж). Основними з них є конт-

роль швидкості подачі розплавленого поліпропілену та тиску при подачі матеріалу на форму.

5. Запропоновані методика та алгоритм автоматизації виробництва, елементів з пористого поліпропілену методом пневмоєкструзії, допомагають обрати визначені параметри

В майбутньому планується подальша робота над процесом автоматизації виробництва елементів з пористого поліпропілену методом пневмоєкструзії, проектування компонентів системи з подальшим впровадженням на підприємствах, які займаються виготовленням даних елементів. Тема є актуальною і мало дослідженою в межах даного виробництва в Україні.

Список літератури:

1. Михеев, В. А. Автоматизация процессов ОМД [Текст]: учеб. пос. / В. А. Михеев; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). – Самара, 2012.
2. Фильтрующие картриджи: от простого к сложному [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://waternet.ua/news/newsletter/122/>
3. Зацепкіна, Н. М. Аналіз розвитку виробництва фільтрувальних матеріалів [Текст] / Н. М. Зацепкіна, Е. П. Дрегуляс, Н. Р. Коначевич // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 3. – С. 87–89.
4. Пат. № RU2182509C2 RU. Конструкция фильтра (варианты) и способ фильтрации. МПК ВО1D 39/16 (2006.01) [Текст] / Калбауг Б., Калбауг Б., Дадри Д. Дж., Дадри Д. Дж.; заявитель и патентообладатель Дональдсон Компани, Инк. – № RU2000109355А; заявл. 29.09.1997; опубл. 20.05.2002, Бюл. № 12. – 5 с.
5. Пат. № 2326716 RU. Фильтровальный элемент для жидких и газовых сред. МПК ВО1D 39/16 (2006.01) [Текст] / Троян Д. А.; заявитель и патентообладатель ООО Научно-производительная фирма «Рубикон», Частное предприятие «Унифильтр». – № 2006124622/15; заявл. 20.01.2008; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17. – 5 с.
6. Семенцов, Г. Н. Розвиток інформаційного забезпечення системи автоматичного антипомпажного захисту та регулювання газоперекачувального агрегату [Текст] / Г. Н. Семенцов, Л. І. Давиденко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 4, № 11 (70). – С. 20–24. doi: [10.15587/1729-4061.2014.26311](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.26311)
7. Asauliyuk, T. Examining a change in the properties of coarse wool fiber under the influence of electrical discharge treatment [Text] / T. Asauliyuk, O. Semeshko, Y. Saribyekova, A. Kunik, S. Myasnykov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 4, Issue 1 (88). – P. 50–55. doi: [10.15587/1729-4061.2017.108269](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108269)
8. Левицький, В. С. Структура і властивості композитів на основі поліпропілену та полімер-силікатного модифікатора [Текст] / В. С. Ле-

вицький, А. В. Ганчо, А. С. Масюк // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – Т. 5, № 6 (53). – С. 54–57. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/1250/1152>

9. Vecherkovskaya, A. Comparative analysis of mathematical models forming filter elements [Text] / A. Vecherkovskaya, S. Popereshnyak // 2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). – 2017. doi: [10.1109/memstech.2017.7937545](https://doi.org/10.1109/memstech.2017.7937545)
10. Vecherkovskaya, A. Mathematical modeling of the process of fluid filtration through a multi-layer filtering element [Text] / A. Vecherkovskaya, S. Popereshnyak // Technology audit and production reserves. – 2017. – Vol. 4, Issue 3 (36). – P. 9–13. doi: [10.15587/2312-8372.2017.109309](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.109309)

Bibliography (transliterated):

1. Miheev, V. A. (2012). Avtomatizatsiya processov OMD. Samara.
2. Fil'truyushchie kartridzhi: ot prostogo k slozhnomu. Available at: <http://waternet.ua/news/newsletter/122/>
3. Zashchepkina, N. M., Drehulias, E. P., Konakhevych, N. R. (2013). Analiz rozvytku vyrobnytstva filtruvalnykh materialiv. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, 3, 87–89.
4. Kalbaug, B., Kalbaug, B., Dadri, D. Dzh., Dadri, D. Dzh. (1997). Pat. No. RU2182509C2 RU. Konstruktsiya fil'tra (varianty) i sposob fil'tratsii. MPK VOID 39/16 (2006.01). No. RU2000109355A; declared: 29.09.1997; published: 20.05.2002, Bul. No. 12, 5.
5. Troyan, D. A. (2008). Pat. № 2326716 RU. Fil'troval'nyy element dlya zhidkikh i gazovykh sred. MPK VOID 39/16 (2006.01). No. 2006124622/15; declared: 20.01.2008; published: 20.06.2008, Bul. No. 17, 5.
6. Sementsov, H. N., Davydenko, L. I. (2014). Development of informative support for automatic antisurge protection system and regulation of gas pumping plant. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (11 (70)), 20–24. doi: [10.15587/1729-4061.2014.26311](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.26311)
7. Asauliyuk, T., Semeshko, O., Saribeykova, Y., Kunik, A., Myasnykov, S. (2017). Examining a change in the properties of coarse wool fiber under the influence of electrical discharge treatment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (1 (88)), 50–55. doi: [10.15587/1729-4061.2017.108269](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108269)
8. Levitskiy, V. Ye., Hancho, A. V., Masiuk, A. S. (2011). Structure and properties of composites based on polypropylene and polymer-silicate modifier. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (6 (53)), 54–57. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/1250/1152>
9. Vecherkovskaya, A., Popereshnyak, S. (2017). Comparative analysis of mathematical models forming filter elements. 2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). doi: [10.1109/memstech.2017.7937545](https://doi.org/10.1109/memstech.2017.7937545)
10. Vecherkovskaya, A., Popereshnyak, S. (2017). Mathematical modeling of the process of fluid filtration through a multi-layer filtering element. Technology Audit and Production Reserves, 4 (3 (36)), 9–13. doi: [10.15587/2312-8372.2017.109309](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.109309)

Надійшла (received) 11.12.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Автоматизация производства элементов з пористого поліпропілену методом пневмоэкструзії/ Вечерковська А. С., Поперешняк С. В. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.116–121. – Bibliogr.:10. – ISSN 2079-5459

Автоматизация производства элементов из пористого полипропилена методом пневмоэкструзии/ Вечерковская А. С., Поперешняк С. В. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.116–121. – Bibliogr.:10. – ISSN 2079-5459

Automating the production of porous polypropylene elements by pnevmoekestuzii/ Vecherkovskaya A., Popereshnyak S. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.116–121. – Bibliogr.:10. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Вечерковська Анастасія Сергіївна –Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Факультет інформаційних технологій, асистент Кафедри "Програмних систем і технологій", вул. Ванди Василевської, 24, м. Київ, Україна, 04116; e-mail: vecherkovskaia90@gmail.com.

Поперешняк Світлана Володимирівна – Кандидат фізико-математичних наук, доцент, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Факультет інформаційних технологій, доцент Кафедри "Програмних систем і технологій", вул. Ванди Василевської, 24, м. Київ, Україна, 04116; e-mail: spopereshnyak@gmail.com.

Вечерковская Анастасия Сергеевна - Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, факультет информационных технологий, асистент Кафедры "Программных систем и технологий", ул. Ванды Василевской, 24, г. Киев, Украина., 04116, e-mail: vecherkovskaia90@gmail.com.

Поперешняк Светлана Владимировна - кандидат физико-математических наук, доцент, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, факультет информационных технологий, доцент Кафедры "Программных систем и технологий", ул. Ванды Василевской, 24, г. Киев, Украина., 04116; e-mail: spopereshnyak@gmail.com.

Vecherkovskaya Anastasia - Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Information Technology, Assistant of the department of Software Systems and Technologies, Vandy Vasilevskaya str, 24, Kyiv, Ukraine, 03058; E-mail: vecherkovskaia90@gmail.com.

Popereshnyak Svitlana - PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Information Technology, Associate Professor of the department of Software Systems and Technologies, Vandy Vasilevskaya str, 24, Kyiv, Ukraine, 04116; e-mail: spopereshnyak@gmail.com.