

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

**Розробка та дослідження поршневого кривошипно-
кулісного преса для виробництва будівельної кераміки**

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

ГММ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Розробка та дослідження поршневого
кривошипно-кулісного преса для
виробництва будівельної кераміки

Виконав: студент УІ курсу, група 601-ММВ
лінійного виробництва (спеціальності)
ПЗ Галузь машинобудування
Момот С.О.
Керівник Криві О.Ю.
Рецензент Блажко В.В., к.т.н., доцент
Завідувач кафедри Автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій
Харківського національного університету
міського голови імені О.М. Бекетова

Полтава – 2024 рік

Національний університет “Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка”

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інституту інформаційних технологій та
робототехніки

Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему

**Розробка та дослідження поршневого
кривошипно-кулісного преса для
виробництва будівельної кераміки**

Виконав: студент VI курсу, групи 601-ММВ
напряму підготовки (спеціальності)

133 Галузеве машинобудування

Момот С.О.

Керівник **Крот О.Ю.**

Рецензент **Блажко В.В.**, к.т.н., доцент

Завідувач кафедри Автоматизації та

комп'ютерно-інтегрованих технологій

Харківського національного університету

міського господарства імені О.М. Бекетова

Полтава – 2024 рік

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

**Розробка та дослідження поршневого кривошипно-
кулісного преса для виробництва будівельної кераміки**

Магістерська робота

Лист затвердження

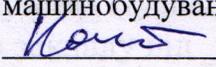
ГММ.601-ММв.014-00.00.000 МР - ЛЗ

Розробив студент групи 601-ММв

 С.О. Момот

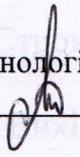
„9” 08 2024 р.

Керівник професор кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки, д.т.н., доц.

 О.Ю. Крот

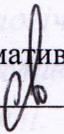
„9” 08 2024 р.

Технологічний контроль к.т.н., доц.

 О.С. Васильєв

„23” 08 2024 р.

Нормативний контроль к.т.н., доц.

 О.С. Васильєв

„23” 08 2024 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
галузевого машинобудування та мехатроніки
кандидат техн. наук, доцент

 О.В. Орисенко

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра Галузевого машинобудування та мехатроніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки



О.В. Орисенко

«09» 08 2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Момоту Станіславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Розробка та дослідження поршневого кривошипно-кулісного преса для виробництва будівельної кераміки*

керівник проекту (роботи) **Крот Олександр Юлійович, д.т.н., доцент,**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від . .2024 року № -ф.а

2. Строк подання студентом проекту (роботи) "9" серпня 2024 року.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): *Запропонувати методику визначення реологічних характеристик глини. Розробити поршневий реометр і дослідити можливість моделювання властивостей глини з використанням моделі Гершеля-Балклі. Графоаналітичним методом побудувати діаграму моменту на кривошипі. Виконати конструкторські розрахунки елементів преса.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. *Технологія виробництва керамічних будівельних виробів.*

2. *Огляд існуючого пресового обладнання та способів визначення реологічних характеристик.* 3. *Дослідження об'єкта.* 4. *Практичне значення застосування результатів дослідження і моделювання. Висновки. Список літератури.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація для наочного представлення результатів досліджень

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів, що стосуються їх

Розділ	Консультант	дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Формулювання проблеми та постановка задач дослідження	Крот О.Ю.	<i>Крот</i>	<i>Крот</i>
Огляд існуючих технологій виробництва керамічних будівельних виробів	Крот О.Ю.	<i>Крот</i>	<i>Крот</i>
Дослідження об'єкта	Крот О.Ю.	<i>Крот</i>	<i>Крот</i>
Практичне значення застосування результатів дослідження і моделювання	Крот О.Ю.	<i>Крот</i>	<i>Крот</i>

7. Дата видачі завдання _____ .2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формулювання проблеми та постановка задач дослідження	14.05.2024 р.	<i>високако</i>
2	Огляд існуючих технологій виробництва керамічних будівельних виробів	05.06.2024 р.	<i>високако</i>
3	Дослідження об'єкта	12.06.2024 р.	<i>високако</i>
4	Практичне значення застосування результатів дослідження і моделювання	27.06.2024 р.	<i>високако</i>
5	Виконання презентації	10.07.2024 р.	<i>високако</i>
6	Оформлення магістерської роботи	09.08.2024 р.	<i>високако</i>
7	Представлення готового проекту на кафедру	09.08.2024 р.	<i>високако</i>

Здобувач ступеня магістр *С.О. Момот*

Момот С.О.

Керівник кваліфікаційної роботи *Крот*

проф. Крот О.Ю.

Анотація

1					
2		С.О. Момот Розробка та дослідження	Документація загальна		
3					
4			Вперше розроблена		
5					
6	A4	ГММ601-ММв.014-00.00.000 ТЗ	Завдання	1	
7	A4	ГММ601-ММв.014-00.00.000 А	Анотація	2	
8	A4	ГММ601-ММв.014-00.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	69	
9					
10			Документація наукова		
11					
12			Вперше розроблена		
13					
14	A4	ГММ601-ММв.014-00.00.000 ПМ	Розробка та дослідження		
15			поршневого кривошипно-кулісного		
16			преса для виробництва		
17			будівельної кераміки		
18					
19			Презентаційні матеріали	38	

Ключові слова: екструдер, преса, кривошипно-кулісний механізм, реологічні характеристики, модель Гершеля-Балклі, діаграма моменту, конструктивні розрахунки.

ГМ.601-ММв.014-00.00.000 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Дат	Розробка та дослідження поршневого кривошипно-кулісного преса для виробництва будівельної кераміки	Літ.	Лист	Листів
Розроб.	Момот С.О.						
Перев.							
Керівн.	Крот О.Ю.	<i>Крот</i>	9.8.24		Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р		
Н. контр.	Васильєв О.С.	<i>Васильєв</i>	09.08.24				
Затв.	Бриггенко	<i>Бриггенко</i>	09.08				

Анотація

С.О. Момот. Розробка та дослідження поршневого кривошипно-кулісного преса для виробництва будівельної кераміки.

Магістерська дипломна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня "магістр" зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" напряму освіти 13 "Механічна інженерія", Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2024.

Магістерська дипломна робота присвячена розробці кривошипно-кулісного преса для виробництва будівельної кераміки. Досліджено кулісний механізм, який забезпечує змінну швидкість ходу поршня – велику швидкість та мале зусилля на початку циклу пресування та маленьку швидкість і велике зусилля в кінці ходу пресування. Побудовано діаграму залежності крутного моменту на кривошипі по куту його повороту. Розглянуто можливість експериментально визначати реологічні характеристики в'язкопластичних суцільних середовищ, що застосовуються у технічних галузях, за допомогою створеного поршневого реометра. Реологічні властивості досліджуваних матеріалів запропоновано визначати, застосовуючи модель Гершеля-Балклі як математичну модель суцільного середовища. Запропоновано у моделі Гершеля-Балклі індекс течії призначати виходячи з форми гранули, що виходить з мундштука поршневого реометра, що дозволяє суттєво спростити визначення градієнта швидкості руху потоку. Розглянуто методику визначення конструктивних характеристик пресу. Виконано конструктивний розрахунок болтів кріплення пресової головки та вибір двигуна привода преса.

Ключові слова: екструдер, преса, кривошипно-кулісний механізм, реологічні характеристики, модель Гершеля-Балклі, діаграма моменту, конструктивні розрахунки.

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 А				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Момот С.О.		<i>[Signature]</i>	09.08.24
Перев.				
Керівн.	Крот О.Ю.		<i>[Signature]</i>	9.8.24
Н. контр.	Васильєв О.С.		<i>[Signature]</i>	09.08.24
Затв.	Ормський О.В.		<i>[Signature]</i>	09.08.24

Анотація		
Літ.	Лист	Листів
Н	1	2
Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р		

Зміст

Вступ	4
1. Технологія виробництва керамічних будівельних виробів	5
1.1 Сировина для виробництва керамічної цегли, фігурних стінових елементів та керамічної стрічкової черепиці	5
1.2 Характеристика способів виробництва керамічної цегли, фігурних стінових елементів та керамічної стрічкової черепиці	8
1.3 Сутність процесу випалу	14
1.4 Забезпечення виду, форми і розмірів базового виробу	16
1.5 Дефекти виробів і причини їх виникнення при формуванні виробів	17
1.6. Розрахунок режиму роботи підприємства і розрахунок фондів робочого часу та матеріального балансу	18
1.7 Технологічні умови на продукцію, що випускається	20
1.8 Технічні вимоги	21
2. Огляд існуючого пресового обладнання та способів визначення реологічних характеристик	23
2.1. Огляд існуючого пресового обладнання	23
2.2. Огляд існуючих способів визначення реологічних характеристик	37
3. Дослідження об'єкта	39
3.1. Побудова діаграми крутного моменту графоаналітичним методом	39
3.2. Дослідження реологічних характеристик матеріалів	42
3.2.1. Методика, обладнання та результати досліджень	42
4. Практичне значення застосування результатів дослідження і моделювання	
4.1. Розробка конструкції мундштука	51
4.2. Приклад дослідження реологічних характеристик глини та використання результатів у моделі Гершеля-Балклі	54

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Момот С.О.	<i>[Signature]</i>	09.08.24
Перев.				
Керівник		Крот О.Ю.	<i>[Signature]</i>	9.8.24
Н. контр.		Васильєв О.С.	<i>[Signature]</i>	09.08.24
Затв.		Орисяк О.В.	<i>[Signature]</i>	09.08.24

Зміст

Лім.	Лист	Листів
Н	1	2

Національний університет
імені Юрія Кондратюка,
ННІТР, 2024 р

4.3. Розрахунок болтів для закріплення пресової головки	59
4.4. Вибір двигуна	61
Висновки	65
Список літератури	67
Додаток 1. Копія диплому переможця Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт	69

виготовляти та стрічкове виготовлення черепиці з використанням екструдера. Для існуючих підприємств, що виготовляють керамічну цеглу, виготовлення черепиці малими партіями на окремому пресі малої продуктивності може суттєво розширити асортимент продукції, що випускається підприємством. Це може суттєво підвищити прибуток підприємства, створити додаткові робочі місця без значних витрат на організацію виробництва. Екструдером для формування такої черепиці може стати поршневий екструдер. Відомими є поршневі екструдери з гідравлічним приводом, які, однак, є відносно складними і коштуваними. Застосування механічного привода в таких пресах-екструдерах може стати найбільш простою і дешевою альтернативою. В даній роботі розроблено кривошипно-кулісний привід, що здатний забезпечити саме потрібний закон руху поршня – швидкий рух поршня при малих зусиллях на поршні та велике зусилля і меншу швидкість руху в період пресування. Важливою задачею на етапі конструювання є визначення реологічних характеристик глини. Запропоновано для визначення цих характеристик розроблений поршневий реометр і моделювання властивостей глини з використанням моделі Герцісля-Бадклі. Запропоновано спрощену методику отримання параметрів цієї моделі – граничного напруження зсуву, в'язкості та індексу течії. Графоаналітичним методом побудовано діаграму моменту на кривошипі. Виведено конструкторські розрахунки з вибору двигуна та болтів, що з'єднують корпус преса з пресовою головкою.

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

№	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист
					3
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Вступ

Серед сучасних будівельних виробів у світі, зокрема у європейських країнах, особливою популярністю користується керамічна покрівельна черепиця. Це досить високотехнологічний у виготовленні виріб. Існують технології штампування черепиці на штампувальних пресах із заздалегідь підготованих заготовок та стрічкове виготовлення черепиці з використанням екструдерів. Для існуючих підприємств, що виготовляють керамічну цеглу, виготовлення черепиці малими партіями на окремому пресі малої продуктивності може суттєво розширити асортимент продукції, що випускається підприємством. Це може суттєво підвищити прибуток підприємства, створити додаткові робочі місця без значних витрат на організацію виробництва. Екструдером для формування такої черепиці може стати поршневий екструдер. Відомими є поршневі екструдери з гідравлічним приводом, які, однак, є відносно складними і коштовними. Застосування механічного привода в таких пресах-екструдерах може стати найбільш простою і дешевою альтернативою. В даній роботі розглянуто кривошипно-кулісний привод, що здатний забезпечити саме потрібний закон руху поршня – швидкий рух поршня при малих зусиллях на поршні та велике зусилля і меншу швидкість руху в період пресування. Важливою задачею на етапі конструювання є визначення реологічних характеристик глини. Запропоновано для визначення цих характеристик розроблений поршневий реометр і моделювання властивостей глини з використанням моделі Гершеля-Балклі. Запропоновано спрощену методику отримання параметрів цієї моделі – граничного напруження зсуву, в'язкості та індексу течії. Графоаналітичним методом побудовано діаграму моменту на кривошипі. Виконано конструкторські розрахунки з вибору двигуна та болтів, що з'єднують корпус преса з пресою головою.

					ГММ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Момот С.О.			09.08.24	Літ.	Лист	Листів
Перев.					Н	1	1
Керівник.	Крот О.Ю.			9.8.24	Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р		
Н. контр.	Васильєв О.С.			09.08.24			
Затв.	Орсецько О.В.			09.08.24			
					Вступ		

1. Технологія виробництва керамічних будівельних виробів

1.1 Сировина для виробництва керамічної цегли, фігурних стінових елементів та керамічної стрічкової черепиці

Класичним високоякісним стіновим виробом є керамічна цегла, що випускається зараз в Україні за ДСТУ Б В.2.7 - 61: 2008 (EN 771-1: 2003, NEQ) «ЦЕГЛА ТА КАМЕНІ КЕРАМІЧНІ РЯДОВІ ТА ЛИЦЬОВІ. Технічні умови». Традиційним методом для виготовлення цих виробів є пластичне пресування на стрічкових пресах. Саме така технологія забезпечує отримання найбільш якісних виробів. За цією ж технологією та на цих же підприємствах може виготовлятися керамічна черепиця, яка випускається відповідно до ДСТУ Б В.2.7-289-95 «Черепиця керамічна. Технічні умови».

В основі популярності цих матеріалів лежать такі чинники, від яких сучасна людина не в силах відмовитися: повністю натуральний продукт; надійність; міцність; архітектурна виразність, естетична привабливість.

Для виробництва будівельної кераміки застосовують глини як відносно пластичний компонент і додаткові речовини – непластичні компоненти сировинної суміші [1].

Глина повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-60-97 «Будівельні матеріали. Сировина глиниста для виробництва керамічних будівельних матеріалів».

Глини складаються з найдрібніших (менше 0,01...0,001 мм) частинок глинистих мінералів, що утворилися головним чином в процесах хімічного вивітрювання магматичних і деяких інших порід. Придатність глин для

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Момот С.О.	<i>[Signature]</i>	09.08.24
Перев.				
Керівн.		Крот О.Ю.	<i>[Signature]</i>	09.08.24
Н. контр.		Васильєв О.С.	<i>[Signature]</i>	09.08.24
Затв.		Омськево О.В.	<i>[Signature]</i>	09.08.24

Технологія виробництва

Літ.	Лист	Листів
Н	5	18

Національний університет
імені Юрія Кондратюка,
ННІТР, 2024 р 5

виробництва керамічних виробів оцінюється їх хімічним і мінеральним складом і властивостями.

Серед фізичних властивостей особливо важливо знати їх пластичність, сполучну здатність, водопоглинання, повітряну і вогневу усадки, вогнетривкість, здатність іонного обміну з навколишнім середовищем.

До добавок відносяться кварцові піски, пилоподібний кварц, кремій, шамот, золи ТЕС та ін. До добавок, які вигоряють, відносяться деревна тирса, торф, антрацит, кам'яне і буре вугілля, паливні шлаки тощо, які створюють пористість після їх вигорання при випалюванні виробів і можуть виконувати функції опіснюючої добавки. Іноді в глину вводять спеціальні добавки, наприклад з метою підвищення кислотостійкості – піщані суміші, замкнені рідким склом, для фарбування виробів – оксиди металів та ін.

Характерними властивостями глин є їх здатність при випалюванні перетворюватися в кам'яноподібний матеріал [2].

Глини бувають за реологічним складом – каолінітові, монтморіллонітові, гідрослюдисті, за призначенням – цегляні, керамзитові, порцелянові-фаянсові та ін; по вогнетривкості – вогнетривкі, що мають вогнетривкість понад 1580°C, тугоплавкі – від 1350 до 1580°C і легкоплавкі – до 1350°C.

Придатність глинистої сировини для виробництва того чи іншого виду виробів визначається його властивостями, залежними від хіміко-мінералогічного і гранулометричного складу. Хімічний склад каолінітових глин включає 39,5% Al_2O_3 (глинозему), 46,5% SiO_2 (кремнезему) і 14% H_2O (хімічно зв'язаної води). Вторинні глини складаються з кремнію, алюмінію, заліза, титану, кальцію, магнію, натрію, калію у вигляді оксидів і солей, а також органічних речовин і води [3].

В глинах найбільш характерних видів міститься, кремнезему – 46...85 %, глинозему – 10...35 %, оксиду заліза – 0,2...10 %, оксиду кальцію – 0,03...6 %, двооксиду титану – 0,2...1,5 %, оксиду лужних металів – 0,1...6 %, сірчистого ангідриду – 0...0,5 %, втрати при прожарюванні – 8...14 %.

					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		6

Вогнетривкість глини – 135⁰С.

Число пластичності – 15.

Гранулометричний склад глини в % по фракціях наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Гранулометричний склад глини

0,05 мм	0,05...0,01 мм	0,01...0,005 мм	0,005...0,001 мм	менш 0,001 мм
0,05%	23...29,1%	12,5...12,7%	27...28%	31,3...35,5%

1.2 Характеристика способів виробництва керамічної цегли, фігурних стінових елементів та керамічної стрічкової черепиці

Процес виробництва керамічних будівельних виробів з давніх часів до сьогодні мало змінився: лише на етапі формування і випалення додалися автоматизація і механізація, яка пильно стежить за формою, вагою і температурним режимом [4].

Видобуток сировини. З кар'єру, що знаходиться в безпосередній близькості з заводом, глина набирається екскаватором і, за допомогою конвеєра, надходить на склади сировини. Розробці кар'єра передують підготовчі роботи: геологічна розвідка з встановленням характеру залягання, корисної товщі і запасів глин; очищення поверхні від рослин за рік – два до початку розробки; видалення порід, придатних для виробництва.

Підготовка маси для виробництва. Кар'єрна глина в природному стані зазвичай непридатна для виготовлення керамічних виробів. Тому проводиться її обробка з метою підготовки маси. На початку глина вилежується, потім її піддають механічній обробці на колісній млині. Млин розбиває купи, щоб глина краще змішувалася з водою. В результаті перемішування виходить однорідна пластична маса.

Глиниста сировина. Глиниста сировина – продукт вивітрювання вивержених гірських порід. Безліч дрібних мінеральних частинок, що містяться в глині, забезпечує здатність при змішуванні з водою утворювати пластичне тісто, що зберігає при висиханні надану форму, а після випалу набуває водостійкості і міцність каменю. Чим більше у глинистій сировині глинистих частинок, тим вище пластичність і повітряна усадка глин. Різне поєднання хімічного, мінералогічного і гранулометричного складу компонентів обумовлює різні властивості глинистої сировини. Глинисті частинки здебільшого складаються з вторинних мінералів і їх сумішей в різних поєднаннях. Глина по своєму хімічному складу – це комплексне з'єднання оксидів кремнію і оксидів алюмінію. Її червоно-цегляний колір пояснюється вмістом в глині оксидів заліза.

Формування виробів. Отримана в результаті перемішувана пластична маса з допомогою шнекового пристрою ущільнюється і видавлюється через отвори у формі плоскої стрічки. Ця стрічка розрізається на пластини певного розміру і виду перерізу. Так виникають різні види напівкруглої черепиці типу «бобровий хвіст». При виробництві пресованої черепиці використовується прес, який з допомогою гіпсових штампів надає пластин потрібну форму черепиці. Гіпсові штампи для пресування черепиці є сьогодні знаком самої сучасної технології виробництва. Завдяки їм забезпечується висока якість форми і поверхні черепиці.

Розфарбовування. Після сушильної камери майбутня керамічна черепиця проходить етап «розфарбовування» глазуруванням або ангобуванням. В обох випадках до складу додають оксиди металів, які при випалюванні забарвлюють поверхню, глибоко проникаючи в основу (при ангобуванні) чи покриваючи поверхню склоподібним шаром глазури (при глазуруванні).

Випал виробів. Випал – найважливіший і завершальний процес у виробництві керамічних виробів. Цей процес можна розділити на три періоди: прогрів сирцю, власне випал і регульоване охолодження. При нагріванні сирцю до 120°C видаляється фізично зв'язана вода і керамічна маса стає непластичною.

						ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			9

У температурному інтервалі від 450°C до 600°C відбувається відділення хімічно зв'язаної води, руйнування глинистих мінералів і глина переходить в аморфний стан. При подальшому підвищенні температури вигорають органічні домішки і добавки, а керамічна маса безповоротно втрачає свої пластичні властивості.

При 800°C починається підвищення міцності виробу, завдяки протіканню реакції у твердій фазі на кордонах поверхонь частин компонентів. В процесі нагрівання понад 1000°C легкоплавкі з'єднання керамічної маси та мінерали плавки створюють деяку кількість розплаву, який поглинає не підгорілі частинки, стягує їх, приводячи до ущільнення і усадки маси в цілому [5].

Після охолодження виріб набуває кам'яноподібний стан, водостійкість і міцність. Випал – дуже енергоємний технологічний процес, чим і обумовлена висока ціна виробленої продукції. Але, з іншого боку, висока вартість повністю відповідає якості цього елітного покрівельного матеріалу. Виробництво керамічної черепиці – практично повністю автоматизований процес, що дозволяє істотно збільшити продуктивність, а, головне, якість продукції. Розповсюдженим обладнанням для випалу керамічної черепиці є кільцева піч.

Декоративна обробка поверхні виробів. Основний колір – червоно-цегляний. Цей колір матеріалу додають оксиди заліза, що містяться в глині. Ніяких спеціальних барвників при цьому не використовується. Для поліпшення зовнішнього вигляду, а також додаткової водонепроникності, вироби покривають декоративним шаром – глазур'ю або ангобом.

Глазур. Це склоподібне покриття, нанесене на виріб і закріплене випалюванням. Сировинні суміші розмелюють в порошок і наносять на поверхню виробів перед випаленням. Глазур – спосіб обробки поверхні керамічної черепиці.

Ангоб. На сухе виріб наноситься тонкий шар біло або кольорової глини, що утворює кольорове покриття з матовою поверхнею. За своїми властивостями ангоб має ті ж характеристики, що і основна черепиця. Відмінною особливістю цієї колірної обробки керамічної черепиці є стійкість кольору.

						ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			10

Технологічна схема виробництва черепиці способом пластичного пресування наведена на рисунку 1.1.

Сировина з відкритого складів 1, 2 подається у приймальний бункер 4 одноківшовим екскаватором. Після чого поступає в вальці грубого подрібнення 7, де подрібнюється. Для рівномірної подачі у вальці для даної лінії використовують живильник. На лінії розміщуються вальці з середнім подрібнення 8. Після вальців матеріал змішується у двовального лопатевого глино змішувачі 9. Для удосконалення в подрібнення, використовують вальці тонкого подрібнення 11.

Потім після сушки потрапляє до преса поршневого екструзійного формування 13 з двовальним змішувачем, обладнаним фільтруючої головкою. Виготовлений брус ріжеться різальником 14. Укладені на рамки виробу-сирець потрапляють в тунельну сушки 18 і в тунельну піч 22. Готовий виріб потрапляє до складу готової продукції, а потім до споживача [6].

Транспортування виробу

Кран-балка

Сушарка тунельна

Візок з виробами

Тунельна піч

Автотранспорт

Рис. 1.1 - Структурна схема виробництва

					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		11

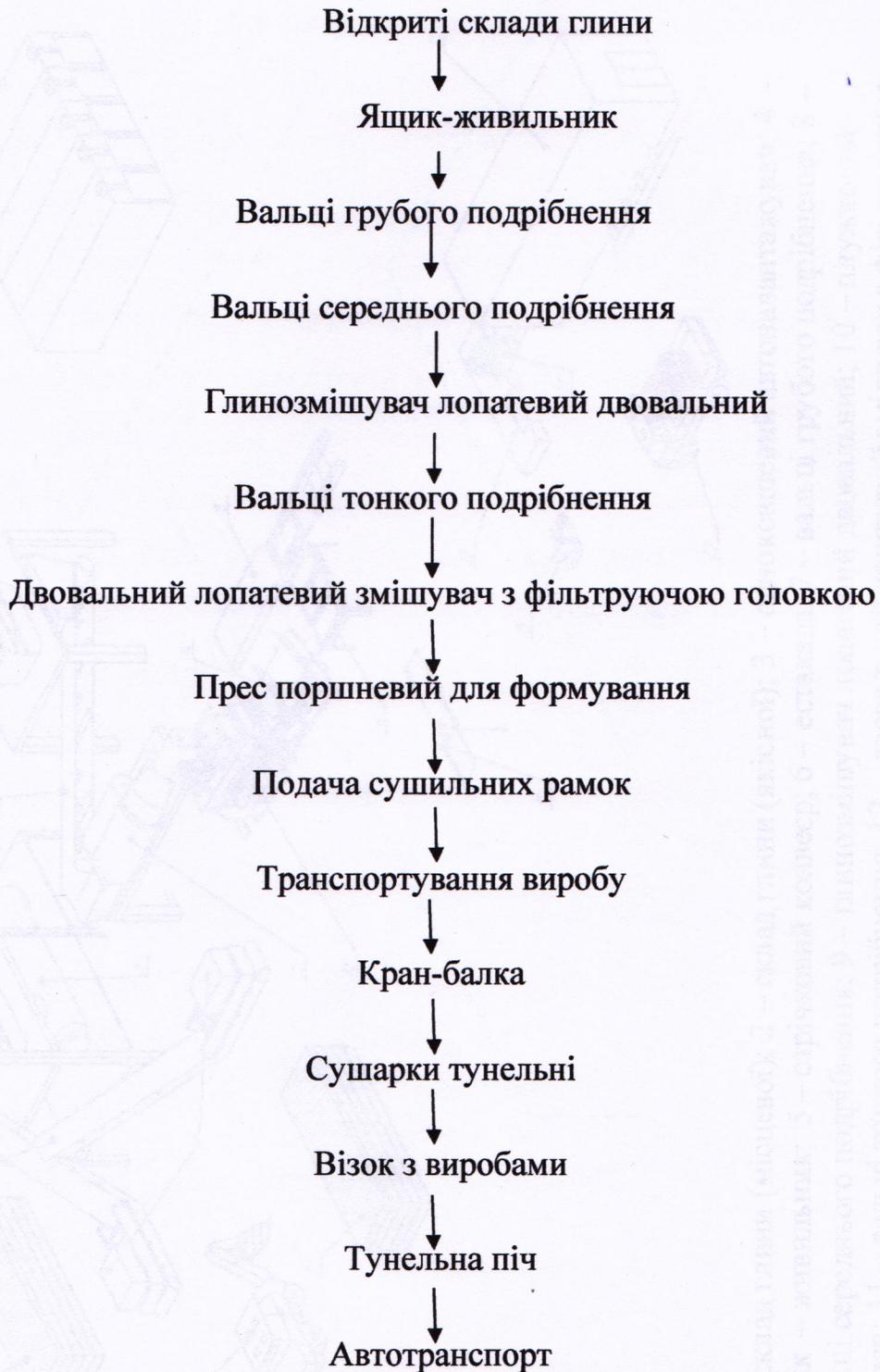


Рис. 1.1 – Структурна схема виробництва

Рис. 1.2 – Технологічна схема виробництва

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

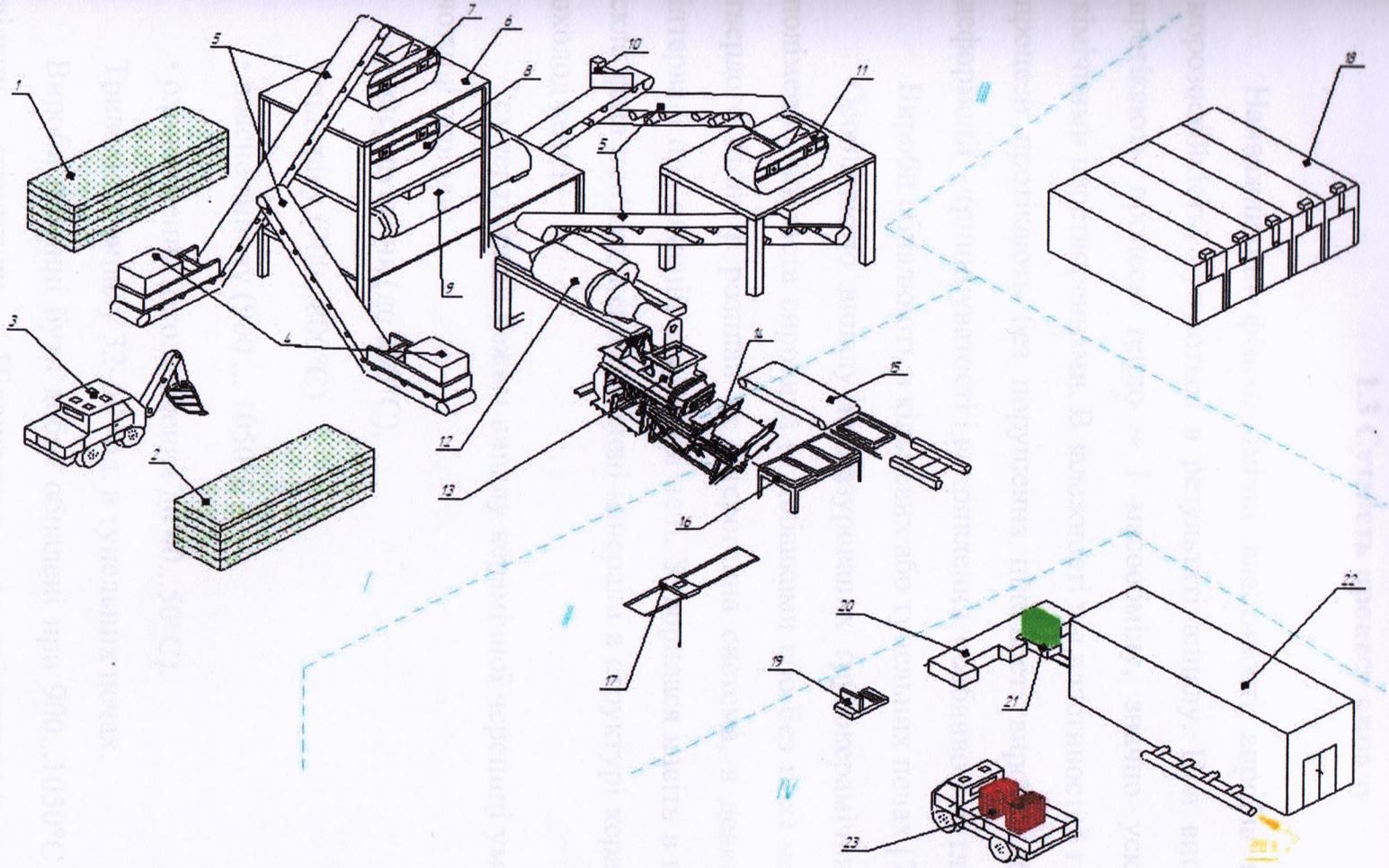
ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Лист

12

Зм.	Лист	№ док-т.	Ліст.	Дата
ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ				
	Лист			
	13			

Рис. 1.2 – Технологічна схема виробництва



1 – склад глини (місцевої); 2 – склад глини (якісної); 3 – одноковшевий автотранспортувач; 4 – ящик – живильник; 5 – стрічковий конвеєр; 6 – естакада; 7 – вальці грубого подрібнення; 8 – вальці середнього подрібнення; 9 – глинозмішувач лопатевий двовальний; 10 – плужковий скидач; 11 – вальці тонкого подрібнення; 12 – двовальний лопатевий змішувач з фільтруючою головкою; 13 – прес поршневий для формування черепиці; 14 – резчик; 15 – конвеєр транспортування сировини; 16 – подача сушильних рамок; 17 – кран балка; 18 – сушарки тунельні; 19 – електропередавальний візок; 20 – електротранспортувач; 21 – візок з виробом; 22 – тунельна піч; 23 – автотранспорт

1.3 Сутність процесу випалу

Найважливіші фізико-хімічні властивості виробів (міцність, щільність, морозостійкість) купуються в результаті випалу. При випалюванні одночасно протікають процеси тепло – і масообміну, значно ускладнені фазовими і хімічними перетвореннями. В залежності від властивостей глинистої сировини ці процеси протікають без порушення цілісності виробів або призводять до їх деформації – тріщинуватості і викривлення, особливо у чутливих до випалу глин.

Вироби обпалюють в кільцевих або тунельних печах [7].

Особливістю випалу неглазурованих грубокерамічних виробів є те, що полімерне глиниста сировина (з добавками або без них) частково переходить з твердого стану в розплав як гетерогенна система, в деякому температурному інтервалі при окисній атмосфері печі. Утворилася навіть в незначних кількостях скло фаза пов'язує нерозплавлені мінерали в структурі керамічного черепка при охолодженні.

Температурний режим випалу керамічної черепиці умовно розділяється на чотири періоди:

- висушування (до 200°C),
- підігріву (700...800°C)
- власне випалу (900 ... 1050°C),
- охолодження (охолодження до 40...50°C).

Тривалість випалу 32–50 год. в тунельних печах.

Вироби повинні бути добре обпалені при 900...1050°C і мати після випалу щільну структуру. Підвищення водовідштовхувальних властивостей, морозостійкості, міцності в 2–3 рази, зниження водопоглинення сприяє просочення виробів 5%-вим розчином гідрофобізуючих речовин – водоспиртовим розчином метилсиліконату натрію тощо, вироби обробляють, занурюючи в розчин полімерів на 10...20 с, або пульверизацією [8].

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Лист

14

Висушування проводиться для повного видалення води замішування і гігроскопічною, а також для рівномірного прогріву маси напівфабрикату до 100...200°C. Найбільш інтенсивне видалення води відбувається при 80...120°C, що пов'язано з можливістю розтріскування сирцю.

Підігрів до 800°C, тобто до початку пружних деформацій, спочатку проводиться димовими газами і далі при спалюванні палива. У початковій стадії цього періоду (300°C) починається вигорання органічних домішок, що закінчується при повільному підвищенні температури до 450°C, при швидкому – близько 700...800°C.

Швидкість підйому температури визначається в основному властивостями сировини випалювальних виробів, а конструктивними особливостями печей, і в деякі періоди може коливатися від 150 до 800°C/год, а в середньому – близько 300°C/год.

Узвар характеризується досягненням максимально допустимої температури випалу виробів, дозріванням черепка і витримкою зазвичай при 900...1050°C. Підвищують температуру обережно, так як при 800...900°C виникають пружні деформації, що пов'язано з руйнуванням кристалічної решітки глинистих мінералів і значними структурними змінами черепка.

Короткострокова витримка також сприяє інтенсивному протіканню перетворень кремнезему, утворення муліту, хоча завершення цих процесів переноситься в область більш високих температур, ніж температури випалу виробів. Тому наростання міцності черепка виробів, що починається при 800...850°C і триває до кінця випалу (900...1050°C), пояснюється не стільки впливом новостворених сполук (із-за недостатніх для їх утворення температур і часу), скільки дією розплаву, який, завдяки енергії поверхневого натягу, зближує і об'єднує більш великі частинки маси – зневоднені частинки глинистого речовини і зерна кварцу. Міцність охолодженого розплаву (склоподібної фази) досягає 490..588 МПа.

					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		15

1.4 Забезпечення виду, форми і розмірів базового виробу

Призначення формування – надати форму, розміри, щільність і необхідну міцність напівфабрикату. Пластичне формування виконується машинним способом.

Основною умовою пластичного формування виробів є використання достатньо пластичних керамічних мас. Неодмінною умовою пластичного формування виробів є використання досить густих мас, у яких сума сил внутрішнього зчеплення більше зчеплення з робочою поверхнею формуючого обладнання (адгезія), а коефіцієнт внутрішнього тертя більше коефіцієнта зовнішнього тертя.

Формувальна здатність пластичної маси регулюється корекцією складу-введення пластифікуючих добавок при одночасному зменшенні компонентів і зміною вологості.

Пластичне формування при нормальній консистенції забезпечує отримання сирцю міцністю на стиск 0,1...0,2 МПа, що дозволяє укладку її на рамки сушильних вагонеток, для отримання більшої міцності, що необхідна для випалу.

Процес пластичного формування на стрічкових шнекових пресах характеризується складним характером руху керамічної маси в пресі, нерівномірним ущільненням її, наявністю дефектів структури, обумовлених компонентами маси, рухливістю водного середовища і одностороннім додатком тиску.

Машинне формування будівельної кераміки здійснюється пресами. Шнекові (стрічкові) преси залишаються до цього часу основними формуючими машинами, оскільки матеріал у них не тільки транспортується і ущільнюється, але також інтенсивно проминається і гомогенізований. Стрічкові шнекові преси бувають без вакуумні (СМ-446, СМ-683) і вакуумні (СМ-1098, СМК-133, СМК-168, СМ-28А).

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Лист

16

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

$$F_{H.1} := [(D - D_H) \cdot t_3 - D_{CT} \cdot t_{CT}] \cdot n_3 = 2066, \quad (1.5)$$

Дві зміни $n_3 := 2$

$$F_{H.2} := [(D - D_H) \cdot t_3 - D_{CT} \cdot t_{CT}] \cdot n_3 = 4132, \quad (1.6)$$

Три зміни $n_3 := 3$

$$F_{H.3} := [(D - D_H) \cdot t_3 - D_{CT} \cdot t_{CT}] \cdot n_3 = 6198, \quad (1.7)$$

n_3 – прийнятий режим змінності роботи відділення.

Дійсний фонд часу працівника, рік:

$$F_D := F_{H.1} - t_B = 2030 \quad (1.8)$$

Дійсний фонд часу обладнання, рік:

Одна зміна:

$$F_{обор.1} := F_{H.1} \cdot k_y = 1797 \quad (1.9)$$

Дві зміни:

$$F_{обор.2} := F_{H.2} \cdot k_y = 3595 \quad (1.10)$$

Три зміни:

$$F_{обор.3} := F_{H.3} \cdot k_y = 5392 \quad (1.11)$$

Розрахунок матеріального балансу виконується за посібником О.Г. Савченко [6].

Розрахункові розміри черепиці $400 \times 250 \times 40$ мм. Облікова одиниця – 1 м^2 , 1 черепиця має площу $F = 0,4 \times 0,25 = 0,1 \text{ м}^2$. В одній обліковій одиниці – 10 шт. черепиць. Продуктивність годинна преса складає 300 шт., тобто 30 м^2 .

Ресурси, які застосовуються для виробництва черепиці: глина місцева Γ_1 – 50%; глина високо пластична Γ_2 – 25%; вода – 15%; добавки – 10%, напівфабрикати – керамічна шихта.

Об'єм однієї черепиці:

$$V = a \cdot b \cdot h = S_{\text{плш}} \cdot h = 0,1 \cdot 0,04 = 0,004 \text{ м}^3. \quad (1.12)$$

Продуктивність:

$$\Pi = \frac{300}{10} = 30 \text{ м}^2. \quad (1.13)$$

Маса облікової одиниці:

$$M_{об1} = V_{об1} \cdot \gamma_{об} = 0,04 \cdot 1,8 = 0,072 \text{ т.} \quad (1.14)$$

Розрахунок витрат ресурсів на випуск керамічної черепиці наведено в таблиці.1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахунок витрат ресурсів на випуск керамічної черепиці

№	Найменування ресурсу	Одиниц і вимірювання	Витрати ресурсів для забезпечення випуску продукції – керамічної плитки (300 шт/год.)						
			На одну облікову одиницю	продуктивність комплексу в облікових одиницях					
				годинна 30	змінна 200	добова 400	тижнева 2000	місячна 8000	річна 90·10 ³
1	Глина ₁ місцева	т	0,036	1,08	7,2	14,4	72	288	3240
2	Глина ₂ якісна	т	0,018	0,54	3,6	7,2	36	144	1620
3	Добавки	т	0,0072	0,216	1,44	2,88	14,4	57,6	648
4	Вода	т	0,0108	0,324	2,16	4,32	21,6	86,4	972
5	Напівфабрикат Шихта	т	0,072	2,16	14,4	28,8	144	576	6480
6	Електро-енергія	кВт·год	4	120	800	1600	8000	32000	360000
7	Паливо (газ)	м ³	4	120	800	1600	8000	32000	360000
8	Трудови-трати	ч/год	0,5	15	100	200	1000	4000	45000

1.7 Технологічні умови на продукцію, що випускається

Технічні умови на продукцію, що випускається регламентуються ДСТУ Б.В.2-7-28-95 «Будівельні матеріали. Черепиця керамічна. Технічні умови».

Дане підприємство випускає плоску стрічкову черепицю пластичного формування [10].

Черепицю використовують відповідно до будівельних норм і правил для скатних дахів житлових, громадських і виробничих споруд.

Криючи (корисні) і габаритні розміри черепиці і допустимі відхилення від них повинні відповідати зазначеним у таблиці 1.4.

9. Таблиця 1.4 – Допустимі відхилення розмірів і характеристики черепиці

Вид і тип черепиці	Розміри і допустимі відхилення від них, мм				Кількість штук черепиці на 1 м ² покриття	Вага 1 м ² покриття з черепиці в насиченому водою стані, кг не більше
	криючі		габаритні			
	довжина	ширина	довжина	ширина		
плоска стрічкова	160±5	155±3	365±5	155±5	40,3	60

1.8 Технічні вимоги

1. Керамічна цегла, фігурні стінові елементи та черепиця повинні відповідати вимогам стандарту, і зразкам-еталонам, затвердженим підприємством-виробником за погодженням зі споживачем. Черепиця повинна виготовлятися за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку.

2. Керамічна цегла, фігурні стінові елементи та черепиця повинні мати рівні поверхні і кромки. Допускається викривлення поверхні і ребер (викривлення) не більше 3 мм.

3 Керамічна цегла, фігурні стінові елементи та черепиця можуть виготовлятися без покриття або з різними видами покриттів (полива, ангоб тощо). Покриття може бути блискучим або матовим, прозорим або глухим.

4. Покриття наноситься на лицьову поверхню виробу. Для черепиці допускається нанесення покриття тільки на криючу частину черепиці. Покриття з глазурі має бути рівномірно розплавленим.

5. Колір виробів однієї партії повинен бути однотонним, покриття-одного кольору і виду.

6. Вапняні включення, що викликають руйнування черепка, не допускати.

7. Тріщини на черепиці не допускаються. При легкому постукуванні молотком черепиця повинна видавати не деренчливий звук.

8. Вироби повинні бути нормально обпаленими. Перепал і не до випал не допускаються.

9. Руйнівне навантаження при випробуванні черепиці на злам в повітряно-сухому стані повинна бути не менше:

- 1500 Н (150 кгс) – для S-образний (стрічкової і штампованої);
- 900 Н (90 кгс) – для пазової штампованої, марсельської та голландської;
- 800 Н (80 кгс) – для інших типів черепиці.

10. Вироби повинні бути водонепроникною.

11. Вироби повинні бути морозостійкими і в насиченому водою стані витримувати не менше 25 циклів поперемінного заморожування та відтавання без наявних ознак руйнування (розшарування, лущення, розтріскування, викришування) при пластичному способі формування та 35 циклів – при напівсухому способі формування.

12. Глибина пазів (фальців) черепиці повинна бути не менше 5 мм, висота шипів для кріплення у штампованої черепиці – не менше 10 мм, у стрічкової – не менше 20 мм.

13. Черепиця штампована для прив'язування до решетування повинна мати на тильній стороні вушко з отвором діаметром не менше 1,5 мм або круглий отвір (зменшення товщини черепиці, пробиває цвяхом) діаметром від 2 мм до 5 мм для кріплення цвяхами.

14. Структура черепка в зламі повинна бути однорідною і без розшарування.

15. Показниками зовнішнього вигляду виробу повинна відповідати вимогам.

16. Загальна кількість дефектів за показниками зовнішнього вигляду на окремій черепиці не повинно бути більше чотирьох.

17. На нижній стороні або на перекритої частини лицьового боку кожна черепиця повинна мати маркування – умовне позначення підприємства – виробника.

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
						22

2. Огляд існуючого пресового обладнання та способів визначення

реологічних характеристик

2.1. Огляд існуючого пресового обладнання

При виробництві керамічної цегли, фігурних стінових елементів та керамічної черепиці у якості головного обладнання застосовують екструзійний прес, робочим органом якого є шнек або поршень.

Процес виробництва керамічних виробів: глиняна суміш; вода; формування виробу; сушка; обпал при температурі 1000°C.

Застосування преса шнекового вакуумного

Для пластичного формування цегли та каменів із керамічної шихти, очищеної від сторонніх включень і попередньо підготовленої до формування, повсюдно використовують шнекові преси, які формують брус (стрічку), що далі розрізається на вироби необхідного розміру. Такі преси називають стрічковими. Прес містить шнековий нагнітач і формувальні органи: пресову голівку, яка на вході має переріз у вигляді кола, а на виході – прямокутника із перерізом, близьким до перерізу бруса і округленими кутами, а також мундштук, з якого виходить брус потрібного перерізу. До стінок пресової голівки кріплять траверсу з пустотоутворювачами. Цегла з пустотами не тільки легша повнотілої і потребує менших витрат сировини, а й краще і швидше сохне та більш рівномірно випалюється. Консольний шнек-нагнітач встановлюють на дві підшипникові опори і приводять до обертання від привода. Шнек набирається із секцій. Шнек охоплюється "сорочкою", яка гальмує обертання глини разом із шнеком. Нагнітальна дія шнека зумовлена силами тертя глини по поверхні шнека. Глина немов би прокачується по гвинтовому каналу, утвореному лопатями шнеку, і двома стрічками втискається у пресову голівку.

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

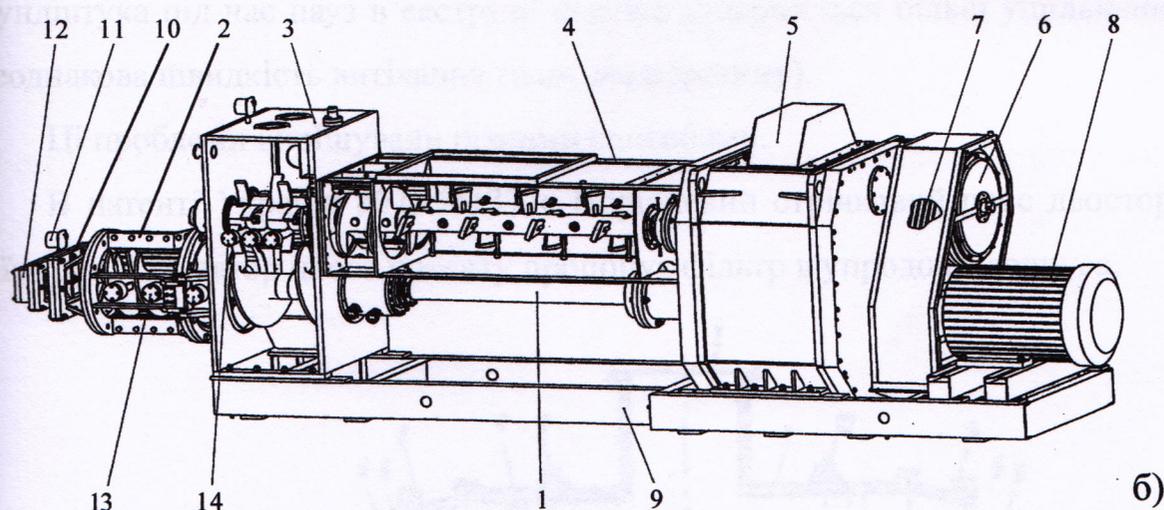
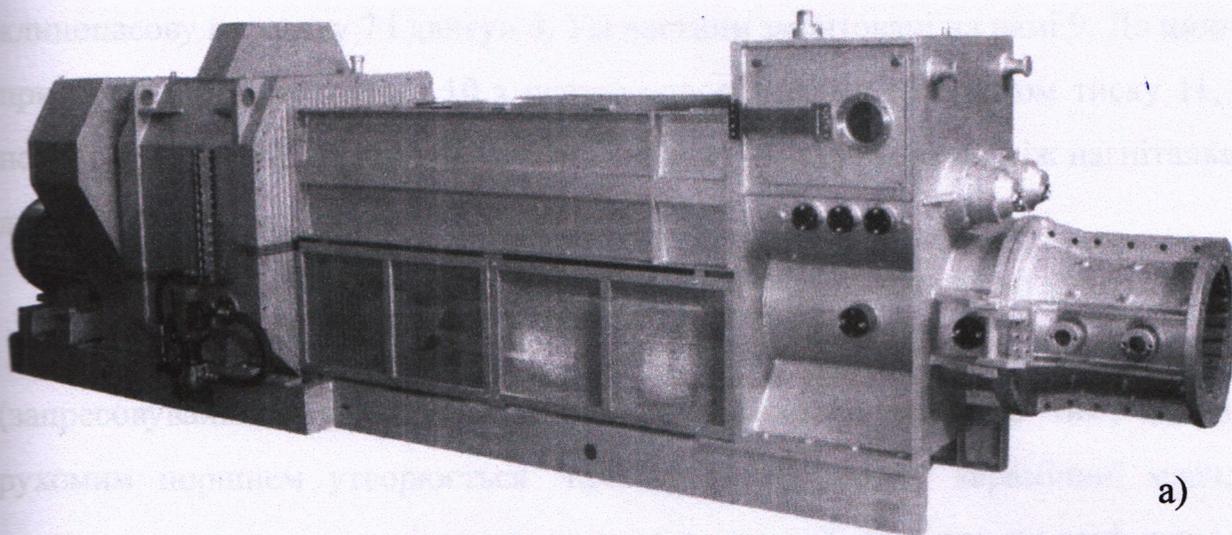
Зм.	Лист	№ докум.	Дата			
Розроб.		Момот С.О.	09.08.24	Літ.	Лист	Листів
Перев.					5	16
Керівн.		Крот О.Ю.	9.8.24	Технологія виробництва		
Н. контр.		Васильєв ОВ	09.08.24	Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р		
Затв.		Орсеко ОВ	09.08.24	23		

Об'ємний коефіцієнт корисної дії шнекових пресів (відношення фактичної продуктивності шнеку до теоретичної) становить 0,3÷0,4, тобто мають місце значні зворотні потоки глини по міжвиткових каналах шнеків. Ці потоки не можна вважати тільки шкідливими, бо вони сприяють гомогенізації керамічної шихти. Кінцева секція (кінцевик) виконується двох західним для більш рівномірної подачі глини у пресову голівку. Поліровані стрічки глини, які виходять з кінцевих лопатей шнеку, впресовуючись у масив глини у пресовій голівці, іноді погано склеюються, що приводить до розтріскування сирцю при сушці.

У найпростіших безвакуумних пресах глина завантажується безпосередньо у приймальний шнек преса за допомогою нагнітального валка або лопатей. Вакуумування (висмоктування повітря із глини) при завантаженні у шнек дозволяє отримувати більш однорідний і міцний брус з меншою кількістю дефектів структури. Позитивний ефект є настільки значним, що спонукає набагато ускладнити конструкцію преса додаванням до нього вакуумної камери і, по суті, ще одного шнекового преса, який дозволяє подавати у вакуум-камеру ущільнену глину, не допускаючи підсмоктування зовнішнього повітря. Цей додатковий прес-ущільнювач вакуум-камери у сучасних шнекових пресах об'єднують із лопатевим змішувачем – одновальним або, частіше, двовальним, який дає можливість у разі необхідності додатково зволожувати глину. Таким чином, сучасний шнековий прес є агрегатом, який об'єднує у собі саме прес, вакуум-камеру, двохшнековий нагнітач і двохвальний лопатевий змішувач. Він здійснює перемішування, зволоження до потрібного рівня, вакуумування і екструзію (видавлювання) глини у вигляді бруса через мундштук.

На рис. 2.1 [6], як приклад, приведена схема вітчизняного преса УСМ-50, створеного Харківським машинобудівним заводом “Червоний Жовтень”. Характерними ознаками цього преса є використання єдиного привода шнекового валу і валів змішувача, а також виконання функції нагнітальних валків лопатевими валами змішувача.

					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		24



а – фото; б – конструктивна схема

1 – шнековий вал; 2 – роз’ємний циліндр; 3 – вакуум-камера; 4 – змішувач; 5 – редуктор-розподілювач; 6 – пневмомуфта; 7 – клинопасова передача; 8 – двигун; 9 – рама; 10 – пресова голівка; 11 – датчик тиску у пресовій голівці; 12 – мундштук; 13 – ножі шнека; 14 – ножі нагнітальних лопатей.

Рис. 2.1 – Прес шнековий вакуумний

Використання єдиного привода дозволило зменшити встановлену потужність двигуна, знизити габарити й металоємність. Виключення спеціальних нагнітальних валків спростило конструкцію пресу і дозволило суттєво зменшити його висоту.

Прес складається з шнекового валу 1 зі шнеком, розміщеним у роз’ємному циліндрі 2, вакуум-камери 3, змішувача 4 і єдиного привода, що містить редуктор-розподілювач 5 із пневмомуфтою 6, надітою на його швидкохідний вал,

					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ		Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			25

клинопасову передачу 7 і двигун 8. Усі частини змонтовані на рамі 9. До циліндра примикає пресова голівка 10 з пустотоутворювачами і датчиком тиску 11, а до неї- мундштук 12. В розривах гвинтової лінії шнеку, а також між нагнітальними лопатями встановлені ножі 13 та 14.

Для формування черепиці використовують змінну головку мундштука.

При експлуатації цього обладнання виникають деякі недоліки (запресовування повітря в екструдувати стрічку у зв'язку з тим, що перед рухомим поршнем утворюється "пробка" з ущільненої керамічної маси, що закриває шлях для повітря в завантажувальний бункер; в зоні виходу з мундштука під час пауз в екструзії стрічки створюється більш ущільнений шар; неоднакова швидкість витікання глини по перетину).

Ці проблеми вирішували різними способами.

В патенті України №1555137 « Поршневий стрічковий прес двосторонньої дії» (рис.2.2), автор цього патенту пропонує фільтр в упродовж копруса.

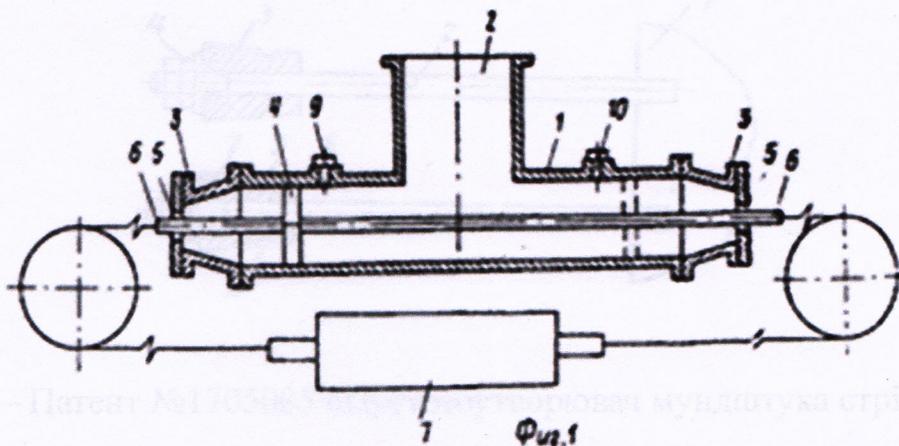


Рис. 2.2 – Патент України №1555137 « Поршневий стрічковий прес двосторонньої дії» [12]

В патенті України №1263533 « Стрічковий прес» (рис.2.2), автор цього патенту пропонує в корпусі мати вхід та вихідні отвори, де робочий орган має вигляді барабана.

Конструктивна схема представлена на рис. 2.3 та 2.4. В результаті проведеного аналізу експлуатації цього обладнання було виявлено цілу низку його недоліків

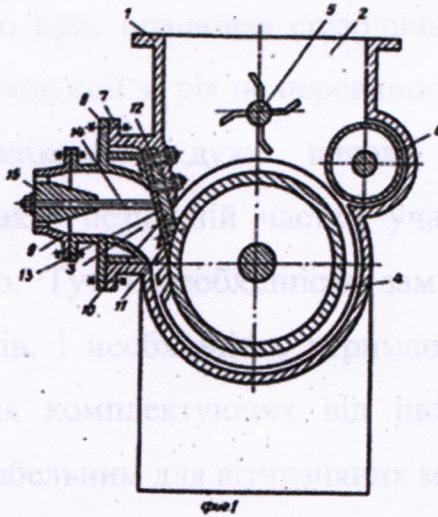


Рис. 2.3 – Патент №1263533 «Стрічковий прес» [10]

В патенті України №1705085 «Пустотоутворювач мундштука стрічкового преса» (рис.2.4), автор цього патенту пропонує підвищення довговічності та зниження пустотних утворювань.

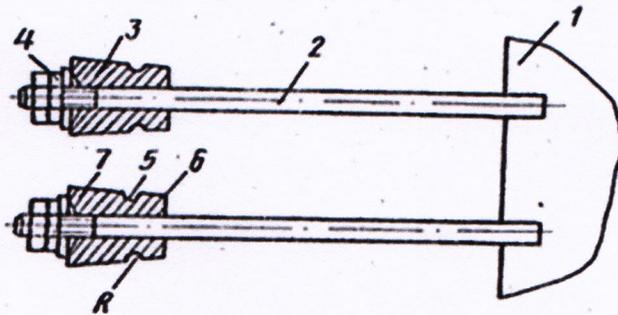


Рис. 2.4 – Патент №1705085 «Пустотоутворювач мундштука стрічкового преса» [9]

Опис конструктивних відмінностей об'єкта проектування від прототипу

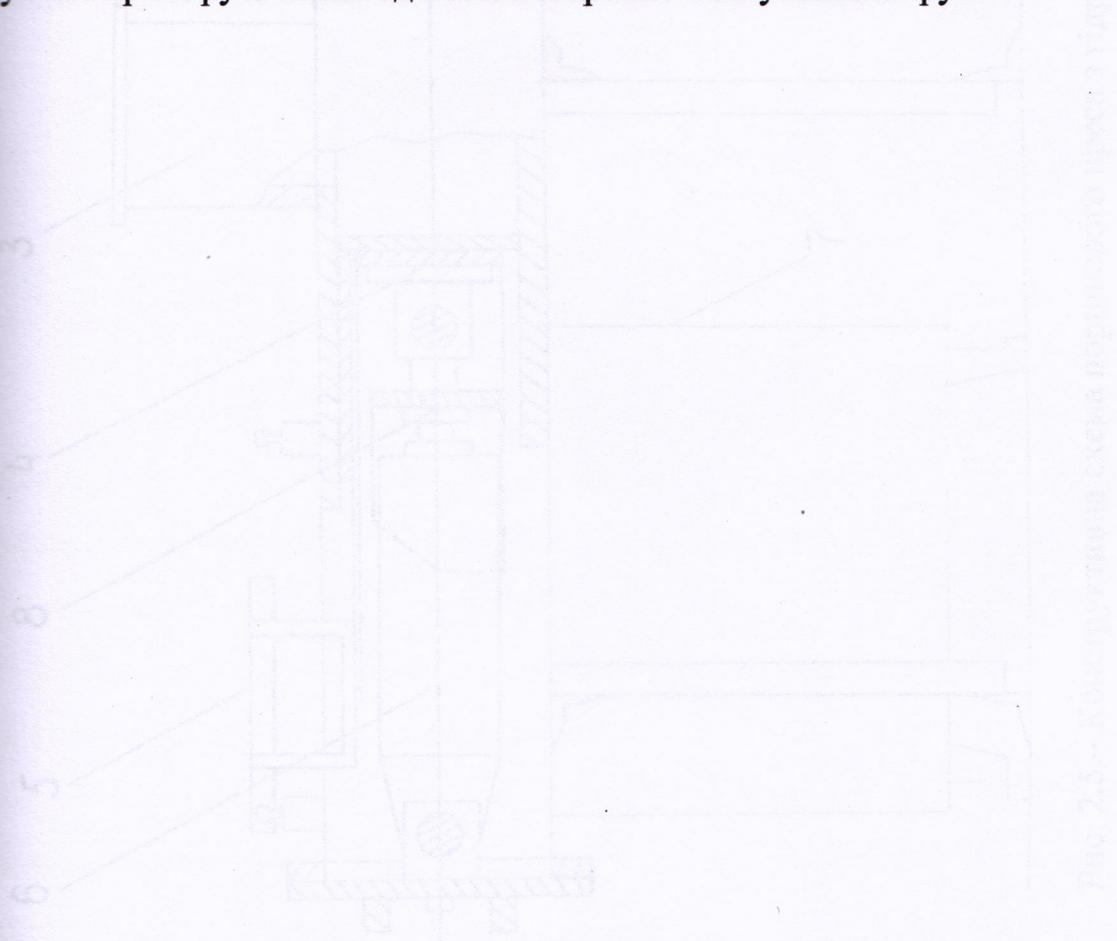
Як прототип об'єкта проектування було розглянуто "Агрегат для формування черепиці" патент України №6503А з гідравлічним приводом. Конструктивна схема представлена на рис. 2.5 та 2,6. В результаті проведеного аналізу експлуатації цього обладнання було виявлено цілу низку його недоліків.

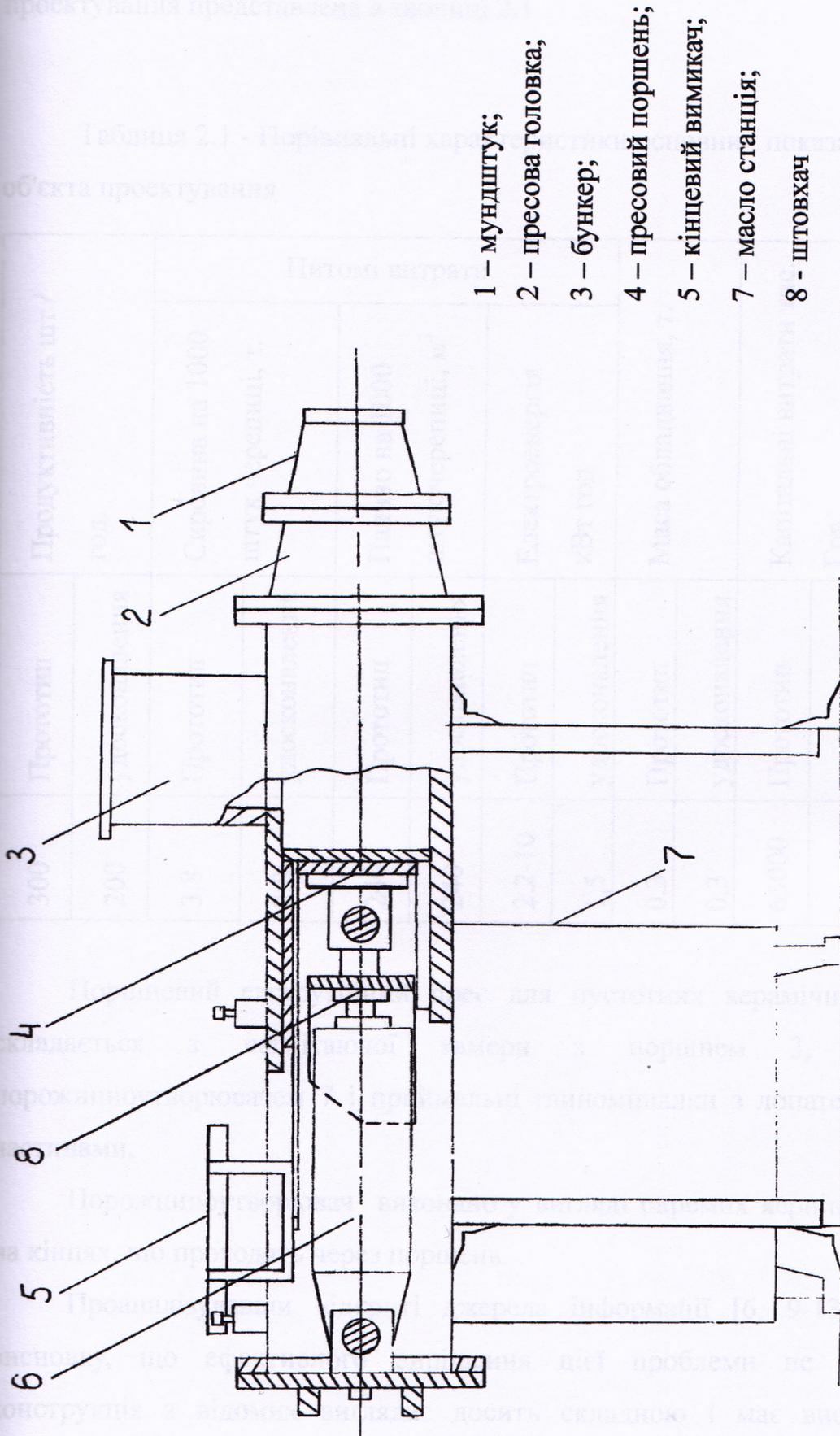
					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ		Лист
№	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			27

Тут необхідно зауважити що прес працював епізодично і частка його участі в загальному обсязі випуску продукції за рік не перевищив 5%.

Найважливішим недоліком є дуже висока вартість гідроприводу, використання якого, при такій незначній частки участі в загальному обсязі виробництва, що не типово. Тут і необхідність заміни дорогого масла, що становить близько 100 літрів, і необхідність утримання такого обладнання, і проблематичність отримання комплектуючих від іноземного виробника, що робить випуск преса не рентабельним для вітчизняних машинобудівних заводів.

Тому було прийнято рішення про недоцільність (у межах постановленої задачі) використання гідравлічного приводу і його заміни на механічний кривошипно - кулісний привід. У такій конструкції на зубчастому колесі закріплений кривошип, який при повороті колеса переміщується в пазі лаштунки і тим самим призводить її в рух. Поршень двома тягами шарнірно приклеплен до кулісі і при її русі також здійснює зворотно-поступальний рух.





- 1 – мундштук;
- 2 – пресова головка;
- 3 – бункер;
- 4 – пресовий поршень;
- 5 – кінцевий вимикач;
- 7 – масло станція;
- 8 – штовхач

Рис. 2.5 – Конструктивна схема поршневого преса з гідравлічним приводом

Порівняльна характеристика основних показань прототипу і об'єкта проектування представлена в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Порівняльні характеристики основних показань прототипу і об'єкта проектування

Продуктивність шт / год.		Питомі витрати				Маса обладнання, т.		Капітальні витрати тис. Грв.		Витрати на експлуатацію тис. Грв	
		Сировина на 1000 штук черепиці, т.	Паливо на 1000 штук черепиці, м ³	Електроенергія кВт год							
300	Прототип										
200	удосконалення										
3,8	Прототип										
3,8	удосконалення										
240	Прототип										
240	удосконалення										
2.2-10	Прототип										
1,5	удосконалення										
0,3	Прототип										
0,3	удосконалення										
65000	Прототип										
32000	удосконалення										
6	Прототип										
3	удосконалення										

Поршневий екструзійний прес для пустотних керамічних виробів, що складається з нагнітаючої камери з поршнем 3, мундштука з порожниноутворювачем 7 і приймальні глиномішалки з лопатевої і поршневої частинами.

Порожниноутворювач виконано у вигляді окремих кернів з потовщенням на кінцях, що проходять через поршень.

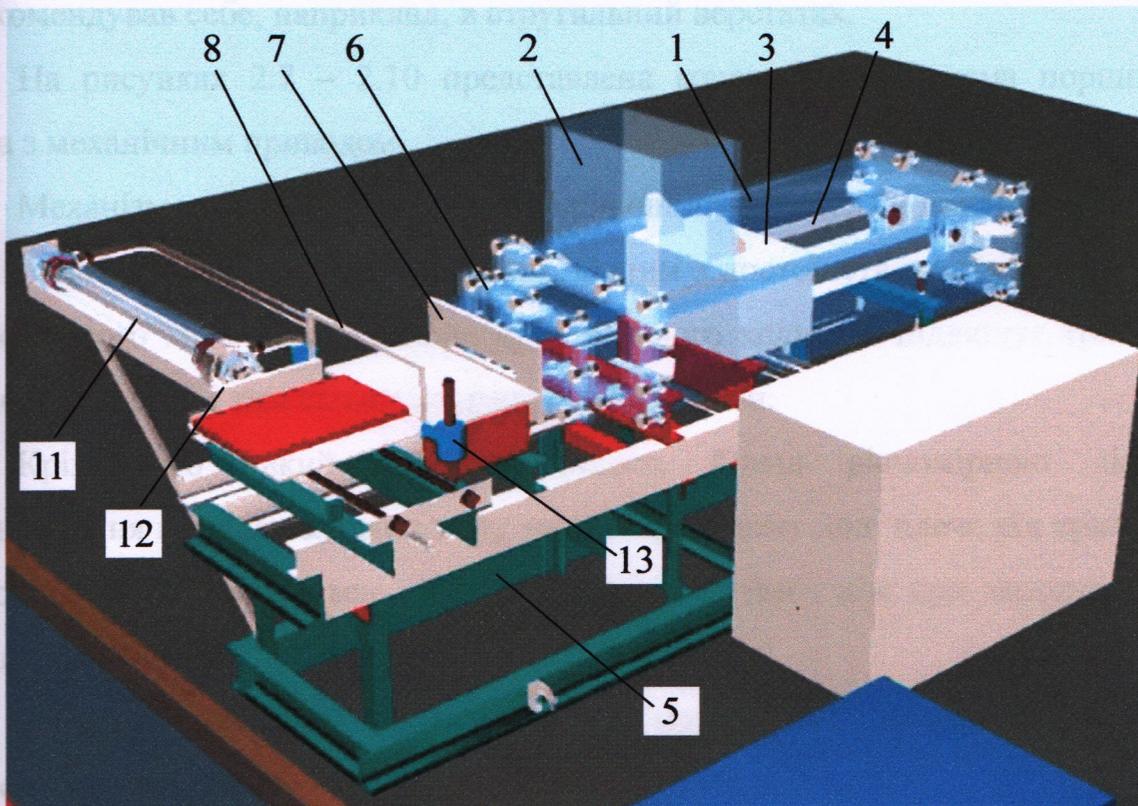
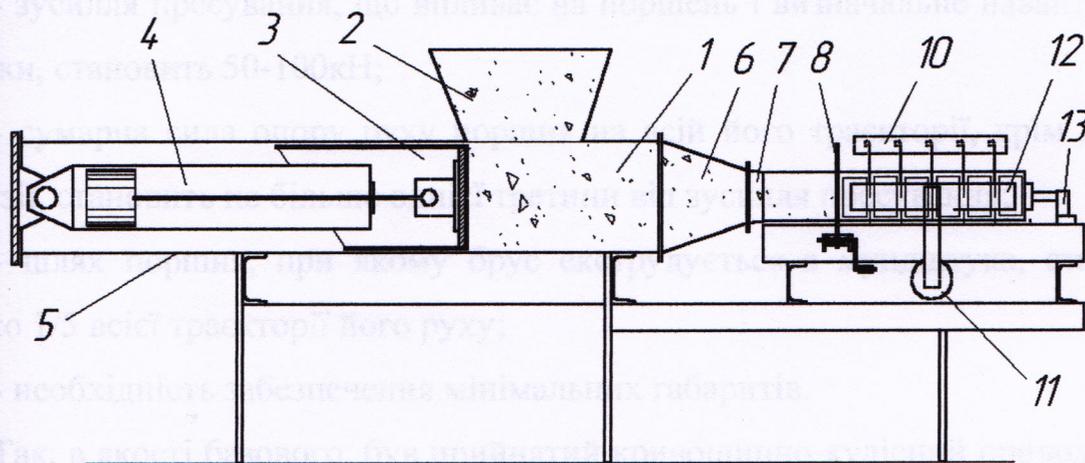
Проаналізувавши відкриті джерела інформації [6, 9-13], прийшли до висновку, що ефективного вирішення цієї проблеми не існує. Будь-яка конструкція з відомих виглядає досить складною і має високу вартість у виробництві. А якщо вважати, що прес, який ми розробляємо, встановлено додатково до основного преса (оскільки прес, що ми розробляємо, призначений

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Лист

30

виготовляти особливі за конфігурацією стінові елементи та черепицю), то вартість цього додаткового преса повинна бути невеликою, а конструкція максимально простою.



1 – корпус; 2 – бункер; 3 – поршень; 4 – основний гідроциліндр; 5 – рама; 6 – пресова голівка; 7 – мундштук; 8 – поворотний лучок; 9 – гідроциліндр лучка; 10 – рамка із струнами; 11 – гідроциліндр штовхача; 12 – штовхач бруса; 13 – датчик довжини бруса

Рисунок 2.6 – Поршневий прес із пристроєм різання

Тому нами запропоновано застосування механічного привода поршневого стрічкового преса.

При виборі раціональної кінематичної схеми бралися до уваги такі особливості поршневого преса:

- зусилля пресування, що впливає на поршень і визначальне навантаження на ланки, становить 50-100кН;
- сумарна сила опору руху поршня на всій його траєкторії, крім ділянки екструзії, становить не більше однієї третини від зусилля пресування;
- шлях поршня, при якому брус екструдуюється з мундштука, становить близько 1/5 всієї траєкторії його руху;
- необхідність забезпечення мінімальних габаритів.

Так, в якості базового, був прийнятий кривошипно-кулісний привод, добре зарекомендував себе, наприклад, в стругальній верстатах.

На рисунках 2.7 – 2.10 представлена конструктивна схема поршневого преса з механічним приводом.

Механізм пресування виконаний кривошипно-кулісним причому кривошип закріплений на вінці зубчастого колеса. Одним з достоїнств такої схеми є те, що кут холостого ходу значно менше кута робочого ходу, що підвищує тривалість процесу екструзії і тим самим покращує якість цегли.

Крім того такий механізм робить більш рівномірною діаграму навантаження приводу завдяки тому, що при робочому ході плече від кривошипа до точки підвісу куліси має суттєво більшу величину, ніж при холостому ході поршня.

Очікувана технічна характеристика поршневого преса з механічним приводом представлена нижче

- 1) Максимальний розрахунковий тиск – 2МПа
- 2) Максимальне розрахункове зусилля – 100кН
- 3) Двигун – 4А90L6У3:

потужність, кВт – 1,5

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Лист

32

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

частота обертів, об/хв – 1000

4) Редуктор – Ц2У-250

передавальне число – 40

5) Клинопасова передача

передавальне число – 2.5

діаметр малого шківа – 100

діаметр великого шківа – 250

6) зубчаста передача:

модуль, мм – 10

число зубів шестерні – 17

число зубів колеса – 68

передавальне число – 4

діаметри ділільних кіл, мм

колеса – 680

шестерні – 170.

Прес складається з таких складових (рис. 2.7):

а) механічний привод, який містить: двигун, редуктор, клинопасову передачу, зубчасту передачу;

б) важільний механізм, до складу якого входить: кривошип, кулісу, кріплення куліси, підшипники осі кривошипа, шарніри, тяги;

в) механізму пресування, який складається з: корпусу, камери пресування, поршня, тяг поршня, кріплення тяг поршня, бункера засипки матеріалу, мундштука

При виборі раціональної кінематичної схеми бралися до уваги такі

					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

особливості поршневого преса: - зусилля пресування, що впливає на поршень і визначальне навантаження на ланки, становить 50-100кН;

- сумарна сила опору руху поршня на всій його траєкторії, крім ділянки екструзії, становить не більше однієї третини від зусилля пресування;

- шлях поршня, при якому гранули екструдуються з мундштука, становить близько 1/5 всієї траєкторії його руху;

- необхідність забезпечення мінімальних габаритів.

Як базовий був прийнятий кривошипно-кулісний привод, добре зарекомендував себе, наприклад, в стругальних верстатах (Shaper Mechanism).

У запропонованій конструкції поршень 1 пересувається зворотно-поступально в камері, утвореній двома бічними швелерами 2 і стінками 3 (верхньою і нижньою).

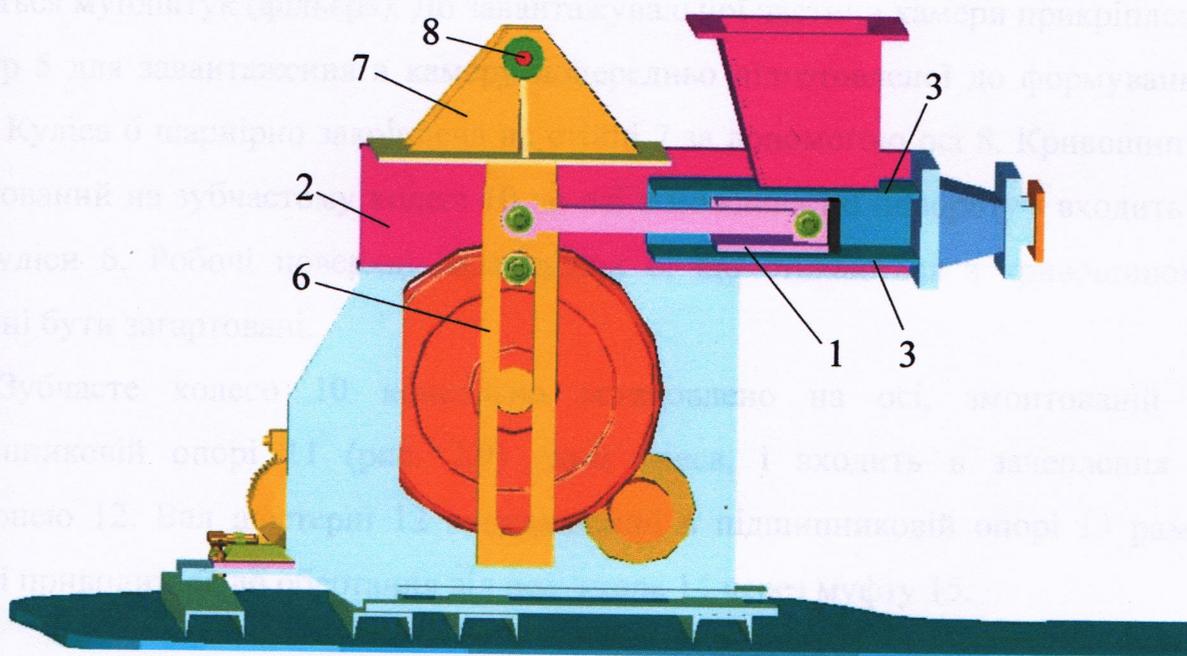


Рис. 2.7 – Поршневий прес з кулісним приводом

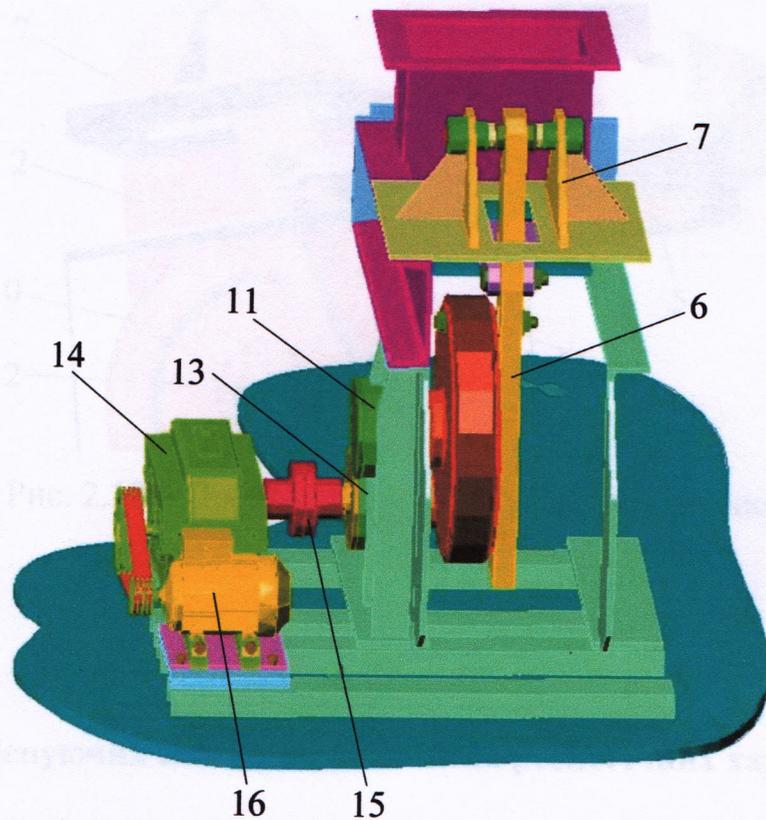


Рис. 2.9 – Прошневий прес з кулісним приводом

Редуктор 14 зв'язаний з двигуном 16 через клинопасову передачу.

Прес працює таким чином. В положенні кривошипа «1» (рис. 2.10), а поршень 1 знаходиться у крайньому лівому положенні. При цьому завантажувальна частина камери пресування заповнена масою, що надходить з бункера 5.

При русі кривошипа 9 разом із зубчастим колесом 10 проти годинникової стрілки шарнір кріплення поршня 1 проходить через точку «2» до точки «3» (рис. 2.10) – крайнього правого положення.

При цьому до межі ділянки завантаження відбувається ущільнення маси, а потім починається екструзія бруса з мундштука, прикріплених до пресової головки 4.

Подальше обертання зубчастого колеса 10 призводить до повернення поршня 1 у вихідне положення. При проходженні робочою поверхнею поршня 1 через ділянку завантаження камери в неї надходить нова порція маси з бункера.

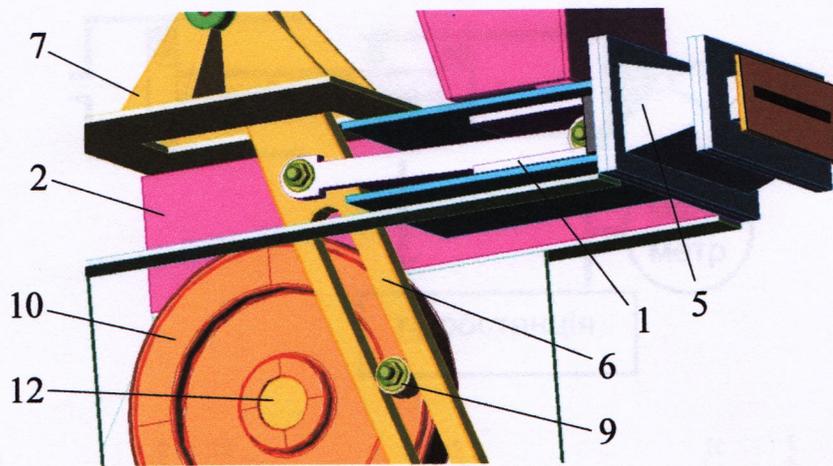


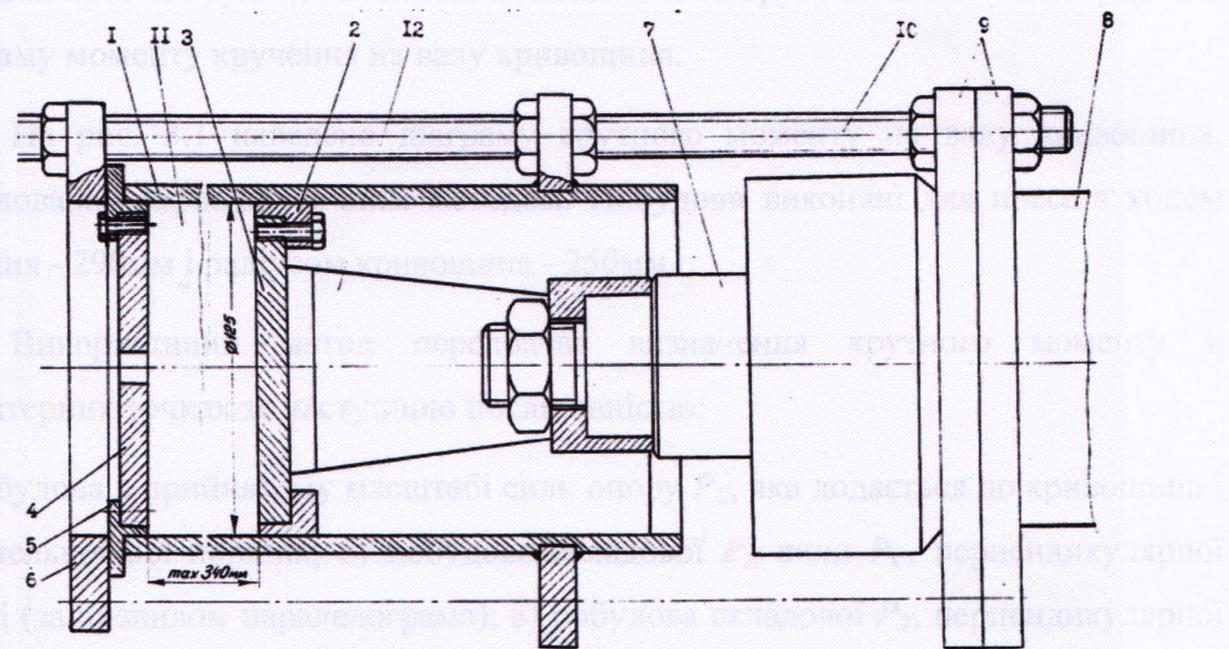
Рис. 2.10 – Прешневий прес з кулісним приводом

2.2. Огляд існуючих способів визначення реологічних характеристик

До визначення реологічних характеристик в'язкопластичних матеріалів на багатьох підприємствах підходять по-різному. Частіш за все створюється поршневий реометр [14], до складу якого входить гідростанція з можливістю регулювання подачі, манометр, гідроциліндр, до штока якого прикріплено металевий поршень, а також металевий циліндр з торцевою кришкою, у якій можна змінювати фільтри (мундштуки) (рис. 2.11). Така схема і така конструкція мають низку недоліків. По-перше, зношення контактуючих металевих поверхонь поршня і циліндра призводить до нестабільності сили опору пересування поршня, що приводить до похибки результатів. Тому бажано було б шукати дешеву і швидкозмінну альтернативу поршню і циліндру. По-друге, застосування складної гідростанції, гідроциліндра і супутньої апаратури – досить дороге технічне рішення. Тому перспективним було б шукати і створити альтернативне технічне рішення реометра. В даній роботі запропоновано таку альтернативу – як циліндр та поршень запропоновано використовувати трубу від будівельного силікону, а для створення зусилля – систему з блоком, канатом і тягарцями.

3.1. Побудова ділянки дослідження механізму металом

Застосування кулісного механізму для дослідження механізму металом є широким застосуванням цієї задачі руху кулісного механізму (поглядіться скіна проєкт руху), необхідно дослідити рух механізму і побудувати



1 – циліндр; 2,3 – поршень; 4 – змінна фільєра; 5,6 – торцева кришка; 7 – шток гідроциліндра; 8 – гідроциліндр; 9 – фланець; 10 – шпильки; 11 – досліджуваний матеріал

Рис. 2.11 – Схема та ескіз поршневого реометра з приводом від гiдростанції

r – відстань від осі зйому кулі до лінії руху поршня, проміяна до R_0 ; R_0 – радіус кривошипа, мм; R_1 – тангенціальна складова сили опору, Н; R – поточке значення радіуса кулі, мм.

Крутий момент на валу кривошипа (формулу 2.11) можна записати в такому вигляді:

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

3. Дослідження об'єкта

3.1. Побудова діаграми крутного моменту графоаналітичним методом

Застосування кулісного механічного привода для преса є оправданим. Враховуючи, що закон руху кулісного механізму є складним (поєднуються декілька простих рухів), необхідно дослідити закон руху механізму і побудувати діаграму моменту кручення на валу кривошипа.

На рис. 3.1 наведено діаграму крутного моменту на валу кривошипа, побудована графоаналітичним методом. Побудови виконані для преса з ходом поршня - 290мм і радіусом кривошипа - 250мм.

Використаний метод передбачає визначення крутного моменту в характерних точках за наступною послідовністю:

- а) побудова в прийнятому масштабі сили опору P_C , яка додається до кривошипа і паралельної осі поршня; б) побудова складової P_K сили P_C , перпендикулярної кулісі (за правилом паралелограма); в) побудова складової P_T , перпендикулярної радіусу кривошипа; г) розрахунок крутного моменту на валу кривошипа за формулою:

$$M = r \cdot R_K \cdot \frac{P_T}{R}, \quad (3.1)$$

де r – відстань від осі підвісу куліси до лінії руху поршня, прийнятого $r = 82\text{мм}$;

R_K – радіус кривошипа, мм; P_T – тангенціальна складова сили опору, Н;

R - поточне значення радіуса куліси, мм.

Крутний момент на валу кривошипа (формулу (3.1)) можна записати в такому вигляді:

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ					
Эк.	Лист	№ докум.	Дата		
Розроб.	Момот С.О.		03.08.24		
Перев.					
Керівн.	Крот О.Ю.		09.08.24		
Н. контр.			16.08		
Затв.	Орсеєнкє		29.08		
Дослідження об'єкта			Літ.	Лист	Листів
				1	12
			Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р		
			39		

$$M = R_K \cdot P_T \cdot \frac{r}{R}, \quad (3.2)$$

де $P_T \cdot \frac{r}{R}$ – тангенціальна складова.

Фактичне зусилля, що протидіє руху поршня у всіх його положеннях, крім ділянки екструзії (останні 50 мм ходу), прийняті такими, що дорівнюють приблизно 15 кН; на ділянці екструзії близько 52 кН.

Визначимо крутний момент на валу кривошипа в різних положеннях наведених на рис. 3.1:

$$P_{\text{пресування}} = 52 \text{ кН}, \quad P_{\text{холост.ходу}} = 0,29 \cdot P_{\text{пресування}} = 15 \text{ кН}.$$

$$\text{Тоді } M_2 = 15 \cdot \frac{328}{900} \cdot 0,25 = 1,4 \text{ (кН}\cdot\text{м)};$$

$$M_3 = 46 \cdot \frac{328}{840} \cdot 0,25 = 4,5 \text{ (кН}\cdot\text{м)};$$

$$M_4 = 3,8 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_6 = 3,2 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$M_1 = 0;$$

$$M_5 = 0.$$

За знайденими значеннями моментів побудовано діаграму крутних моментів (рис. 3.1). З діаграми видно, що навантаження є дуже нерівномірним. За побудованою діаграмою крутного моменту і частотою обертання колеса можна визначити потужність двигуна привода.

До вибору двигуна правильно буде підходити, враховуючи, що згладити коливання (нерівномірність) крутного моменту можна за допомогою маховика [15]. Для цього зазвичай визначають так званий середньоквадратичний момент.

$$\frac{\varphi_{p.x.}}{\varphi_{x.x.}} = 1,64.$$

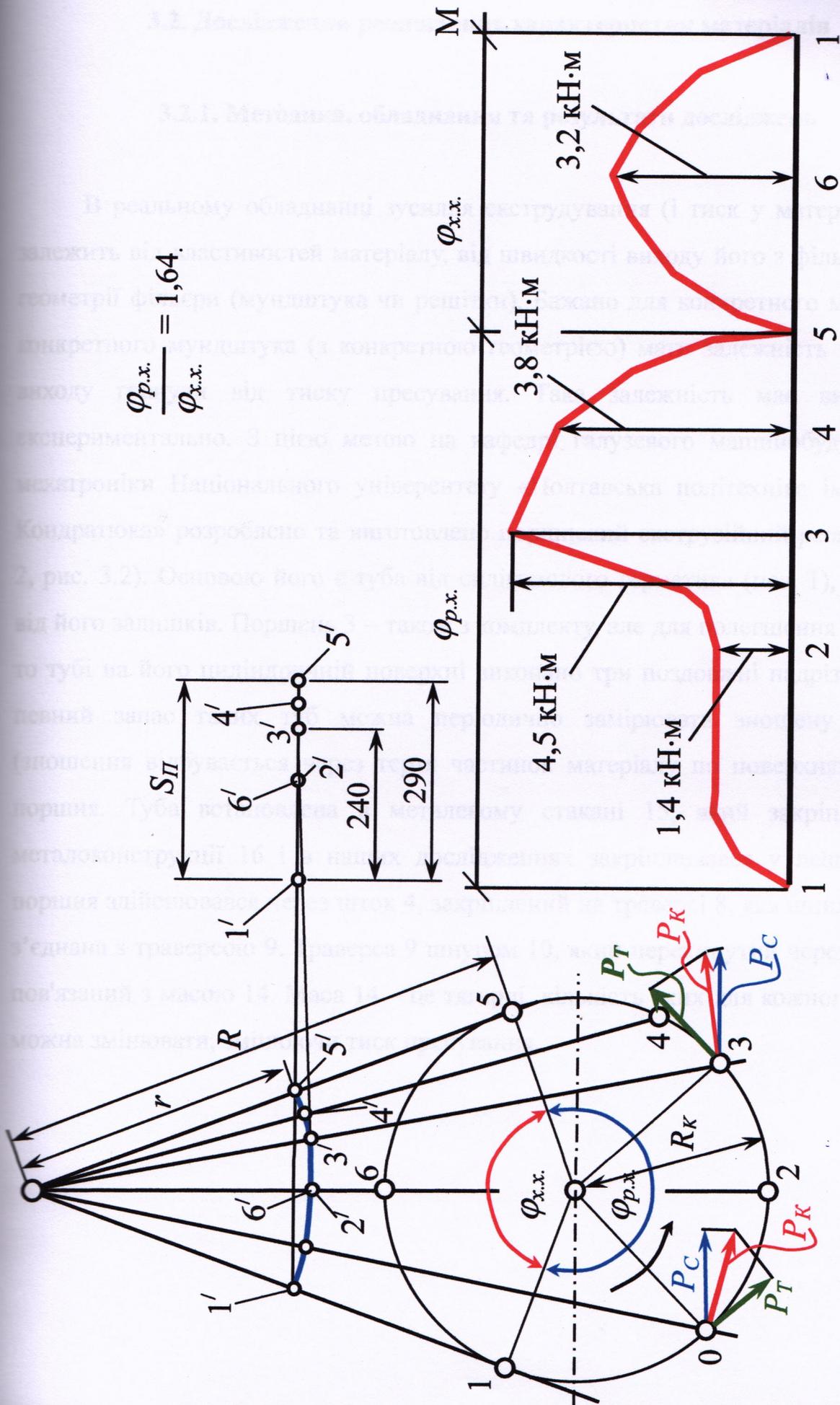


Рис. 3.1 – Діаграма моменту кручення на валу кривошипа

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

№	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Лист

41

3.2. Дослідження реологічних характеристик матеріалів

3.2.1. Методика, обладнання та результати досліджень

В реальному обладнанні зусилля екструзування (і тиск у матеріалі) дуже залежить від властивостей матеріалу, від швидкості виходу його з фільери та від геометрії фільери (мундштука чи решітки). Бажано для конкретного матеріалу і конкретного мундштука (з конкретною геометрією) мати залежність швидкості виходу гранули від тиску пресування. Така залежність має визначатись експериментально. З цією метою на кафедрі галузевого машинобудування та мехатроніки Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» розроблено та виготовлено поршневий екструзійний реометр (рис. 2, рис. 3.2). Основою його є туба від силіконового герметика (поз. 1), звільнена від його залишків. Поршень 3 – також з комплекту, але для полегшення його руху по тубі на його циліндричній поверхні виконано три поздовжні надрізи. Маючи певний запас таких туб можна періодично замірювати зношену на нову (зношення відбувається через тертя частинок матеріалу по поверхнях туби та поршня. Туба встановлена в металевому стакані 15, який закріплений на металоконструкції 16 і в наших дослідженнях закріплювався у лещатах. Рух поршня здійснювався через шток 4, закріплений на траверсі 8, яка шпильками 13 з'єднана з траверсою 9. Траверса 9 шнуром 10, який перекинутий через блок 12, пов'язаний з масою 14. Маса 14 – це тягарці, кількість яких для кожного дослідження можна змінювати, змінюючи тиск пресування.

					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
						42
Зж	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

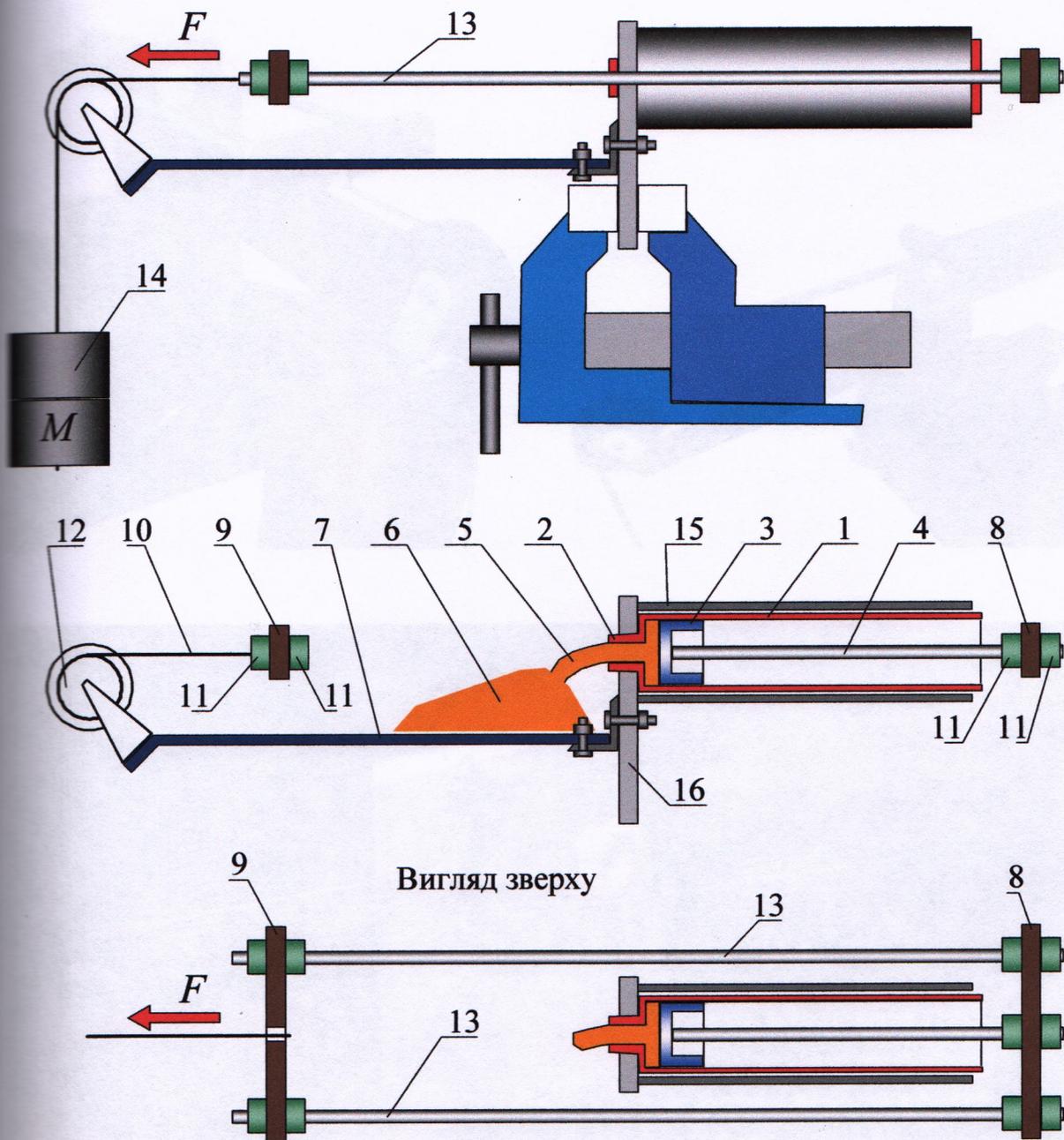


Рис. 3.2 – Схема запропонованого поршневого екструзійного реометра

Рис. 3.3 – Фото запропонованого поршневого екструзійного реометра

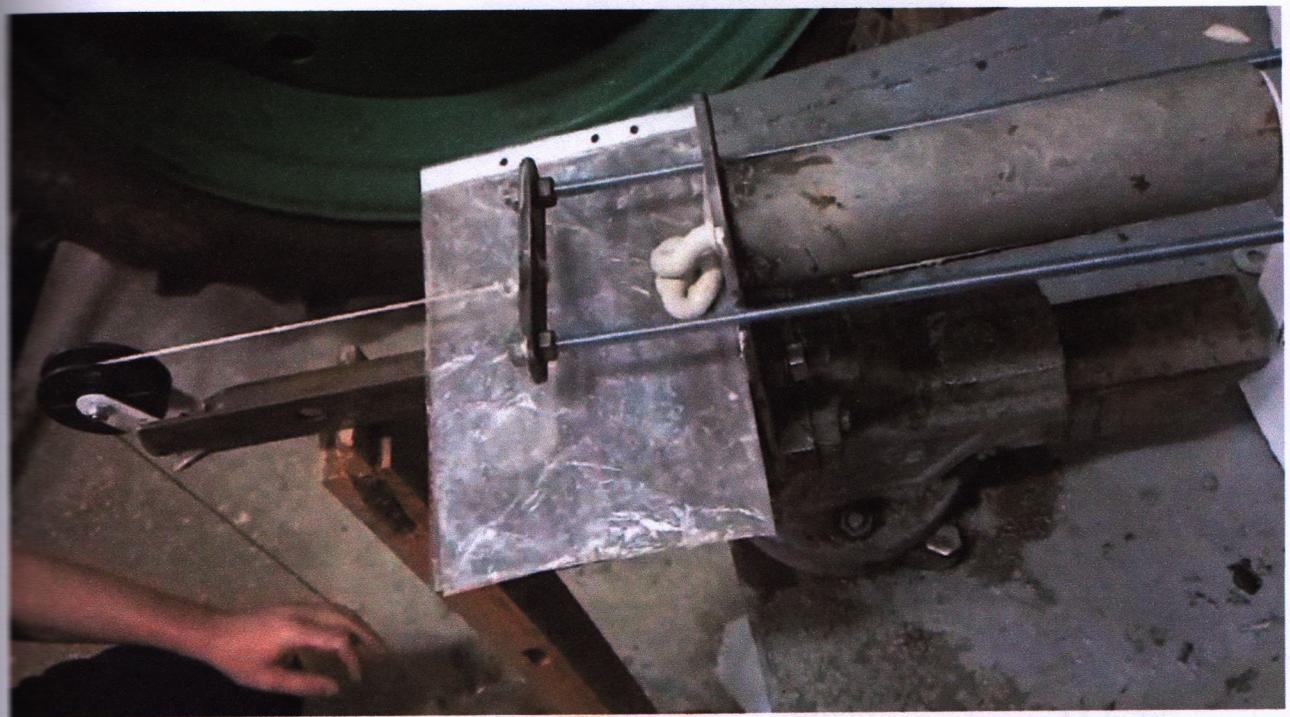
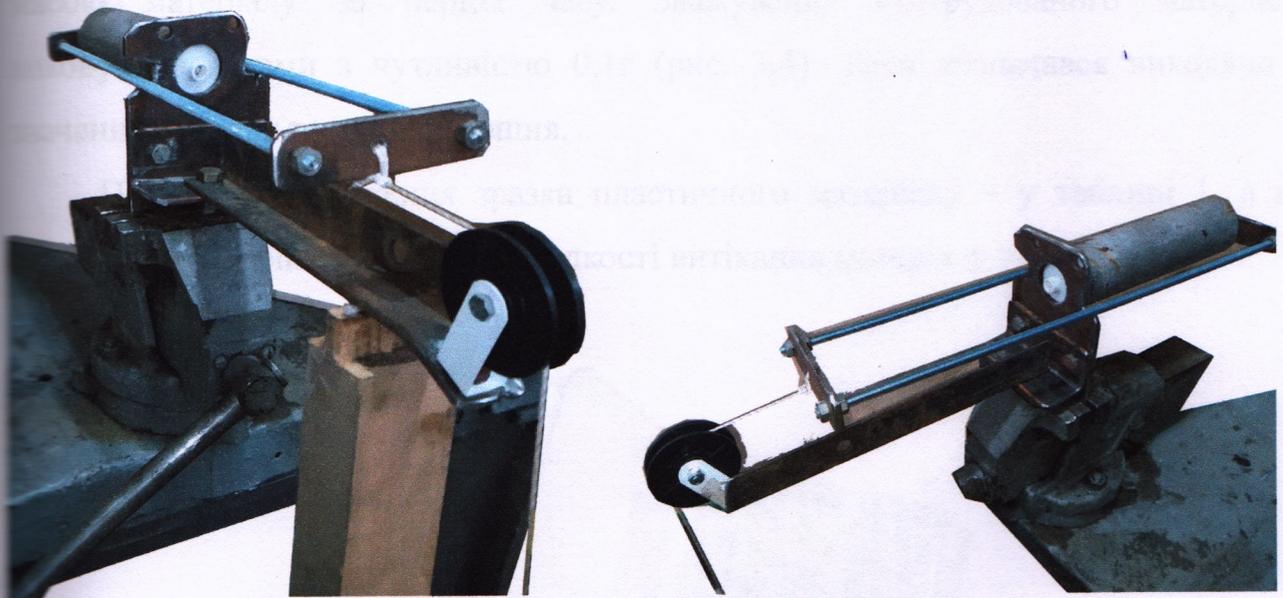
Враховуючи, що залежність швидкості витікання від часу буде не лінійною, потрібно щонайменше три точки для її описання. Перша точка – тиск початку течії матеріалу через муфтагук, друга точка – витікання матеріалу з малою швидкістю (при малому тиску), третя точка – витікання з великою швидкістю (при великому тиску). Швидкість витікання (м/с) обчислюється за

№	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Лист

43



Швидкість витікання, м/с 0,023 0,15

Рис. 3.3 – Фото запропонованого поршневого екструзійного реометра

Враховуючи, що залежність швидкості витікання від тиску буде не лінійною, потрібно щонайменше три точки для її описання. Перша точка – тиск початку течії матеріалу через мундштук, друга точка – витікання матеріалу з малою швидкістю (при малому тиску), третя точка – витікання з великою швидкістю (при великому тиску). Швидкість витікання (м/с) оцінювалася за

масою матеріалу за період часу. Зважування екструдованого матеріалу виконували вагами з чутливістю 0,1г (рис. 3.4). Тиск визначався виходячи з значення зусилля та площі поршня.

Приклад дослідження зразка пластичного матеріалу – у таблиці 1, а на рисунку 5 – графік залежності швидкості витікання матеріалу від тиску.



Рис. 3.4 – Застосовувані ваги

Таблиця 3.1. Приклад результатів дослідження зразку пластичного матеріалу у поршневому реометрі

	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Тиск, Па	20000	93880	115545
Швидкість витікання, м/с	0	0,023	0,148

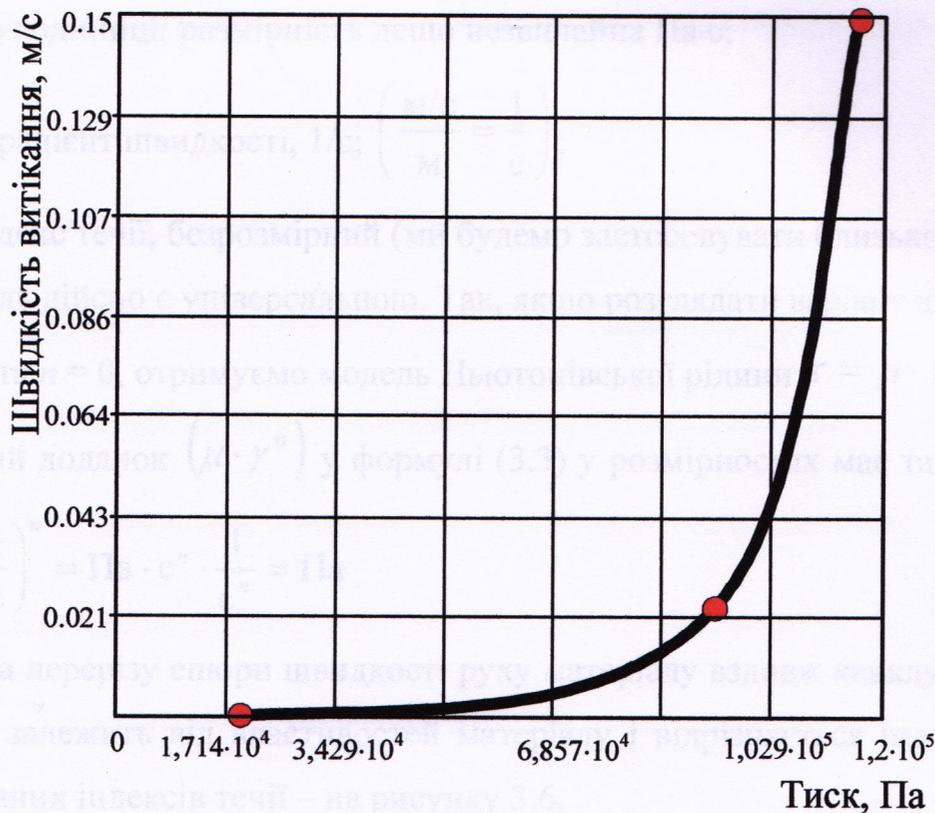


Рис. 3.5 – Графік залежності швидкості витікання від тиску пресування

Однак, отримані таким чином результати можуть бути у такому вигляді застосовані для аналізу цього матеріалу лише для саме такого мундштука. *Розширити отримані результати на мундштук іншої геометричної форми і розмірів у такому вигляді не можливо.* Тому для описання отриманої (для конкретного матеріалу) експериментальної залежності запропоновано застосовувати певні реологічні моделі. Реологія – наука про течію. Реологічні моделі дозволяють описати рух матеріалу кількома параметрами, застосовуючи які можна визначати зв'язки кінематичних і динамічних характеристик обладнання з робочими органами, що суттєво відрізняються за формою і розмірами від реометра, що був застосований. Відомі моделі Гершеля-Балклі, Оствальда-де-Вааля, Бінгама-Шведова, модель Ньютонівської рідини та інші.

Нами було застосовано модель Гершеля-Балклі як найбільш універсальної,

$$\tau = \tau_G + \mu \cdot \dot{\gamma}^n, \quad (3.3)$$

де τ_G – граничне напруження зсуву, Па;

μ – коефіцієнт, що є пропорційним до в'язкості при градієнті швидкості,

що дорівнює одиниці; розмірність дещо незвичайна Па·с;

$$\gamma - \text{градієнт швидкості, } 1/\text{с}; \left(\frac{\text{м/с}}{\text{м}} = \frac{1}{\text{с}} \right);$$

n – індекс течії, безрозмірний (ми будемо застосовувати близько 0,125).

Модель дійсно є універсальною. Так, якщо розглядати варіант цієї моделі,

коли $\tau_T = 0$ та $n = 0$, отримуємо модель Ньютонівської рідини $\tau = \mu \cdot \gamma$.

Другий доданок $(\mu \cdot \gamma^n)$ у формулі (3.3) у розмірностях має такий вигляд:

$$(\text{Па} \cdot \text{с}^n) \cdot \left(\frac{1}{\text{с}} \right)^n = \text{Па} \cdot \text{с}^n \cdot \frac{1}{\text{с}^n} = \text{Па}.$$

Форма перерізу епюри швидкості руху матеріалу вздовж каналу може бути різною. Це залежить від властивостей матеріалу і відрізняється індексом течії. Варіанти різних індексів течії – на рисунку 3.6.

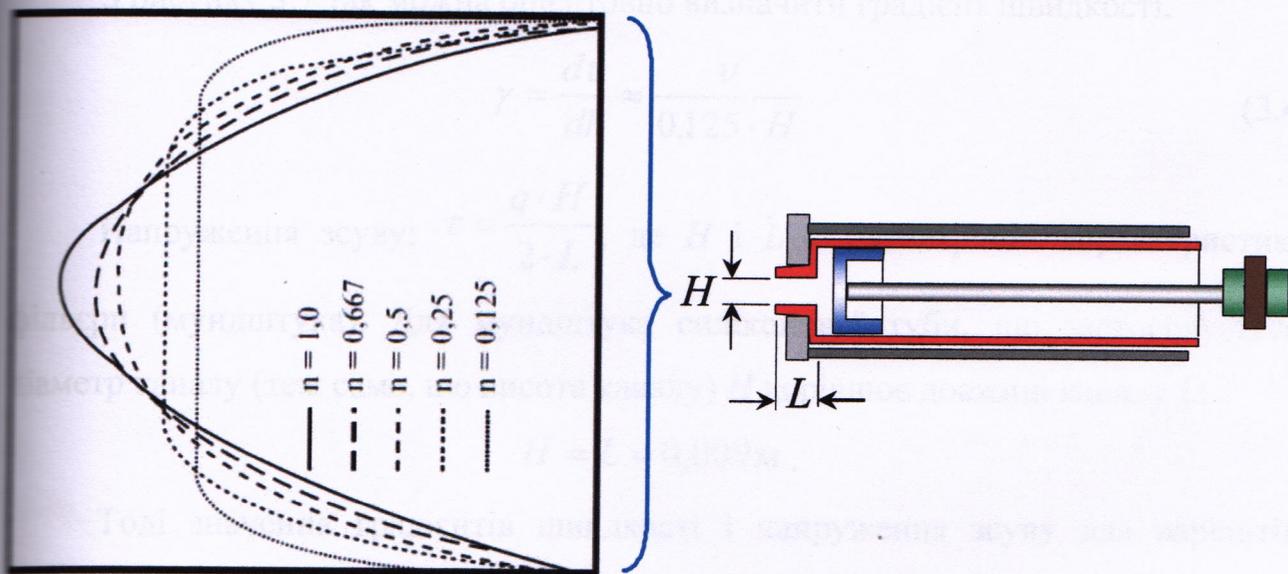


Рис. 3.6 – Варіанти різних індексів течії

З рисунка видно, що ядро течії може випереджувати потік (коли $n = 1,0$), або ж ядро течії може утворювати широкий фронт і потік майже по всьому перерізу рухається майже з однаковою швидкістю (коли $n = 0,125$). Різні за консистенцією матеріали характеризуються певним (своїм) значенням n . Причому спроба при моделюванні застосувати не відповідне значення n не дозволить отримати адекватну модель. На рис. 3.7 – ілюстрація перерізу з $n =$

0,125. З ілюстрації (рис. 3.7) видно, що таке градієнт швидкості (зміна швидкості по змінній координаті висоти каналу).

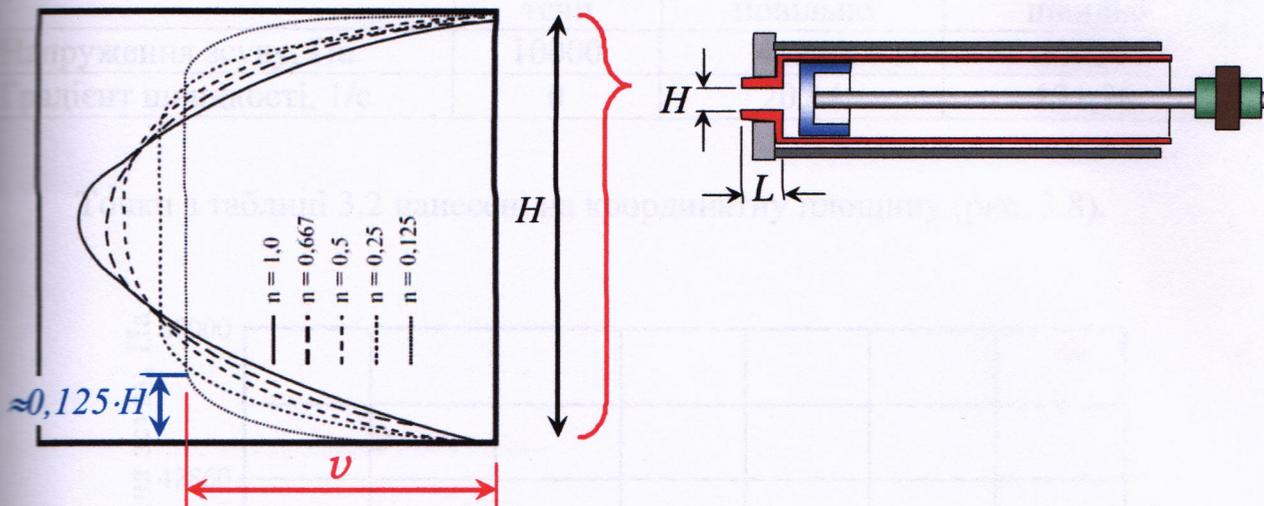


Рис. 3.7 – Зв'язок індексів течії з формою гранули матеріалу, що виходить з мундштука

З рисунку 3.7 так можна орієнтовно визначити градієнт швидкості.

$$\gamma = \frac{dv}{dh} \approx \frac{v}{0,125 \cdot H} \quad (3.4)$$

Напруження зсуву: $\tau = \frac{q \cdot H}{2 \cdot L}$, де H і L – геометричні характеристики фільтри (мундштука). Для мундштука силіконової труби, що застосовується, діаметр каналу (теж саме, що висота каналу) H дорівнює довжині каналу L :

$$H = L = 0,009 \text{ м.}$$

Тоді значення градієнтів швидкості і напруження зсуву для варіантів, наведених у таблиці 3.1 складуть:

$$\gamma_0 = 0 \quad \tau_{\Gamma} = \frac{q_{\Pi} \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{20000 \cdot 0,009}{2 \cdot 0,009} = 10000 \text{ Па} \quad (3.5)$$

$$\gamma_1 \approx \frac{0,023}{0,125 \cdot 0,009} = 20,44 \frac{1}{\text{с}} \quad \tau_1 = \frac{q_1 \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{93880}{2} = 46940 \text{ Па} \quad (3.6)$$

$$\gamma_2 \approx \frac{0,148}{0,125 \cdot 0,009} = 131,56 \frac{1}{\text{с}} \quad \tau_2 = \frac{q_2 \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{115545}{2} = 57777 \text{ Па} \quad (3.7)$$

Таблиця 3.2. Значення градієнтів швидкості і напруження зсуву для варіантів, наведених у таблиці 3.1

	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Напруження зсуву, Па	10000	46940	57777
Градiєнт швидкості, 1/с	0	20,44	131,56

Точки з таблиці 3.2 нанесені на координатну площину (рис. 3.8).

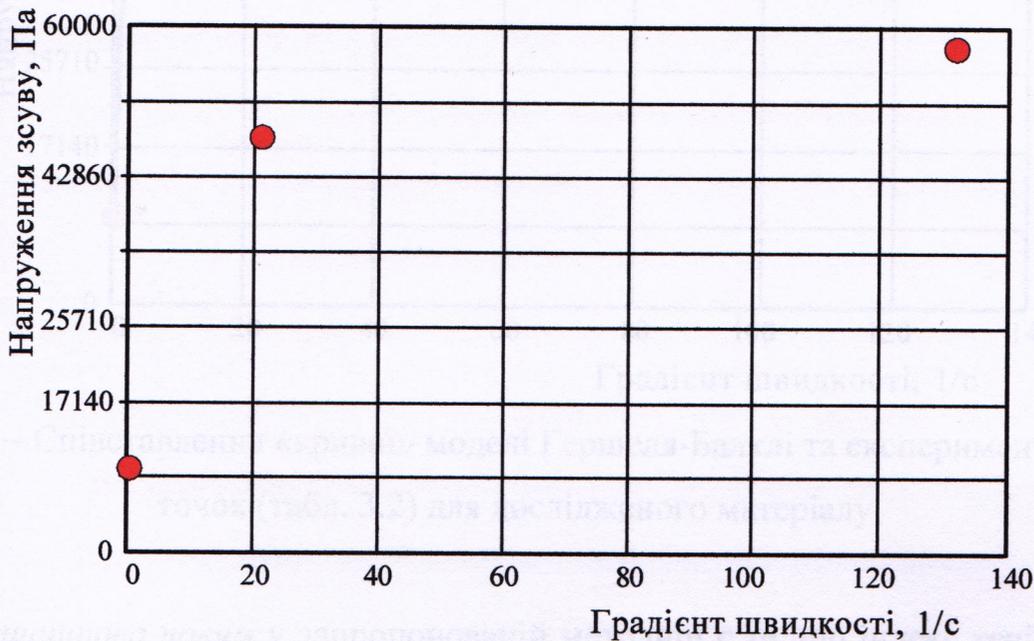


Рис. 3.8 – Експериментальні точки для побудови моделі Гершеля-Балклі для певного матеріалу

Очевидно, побудова математичної моделі зводиться до знаходження таких коефіцієнтів рівняння $\tau = \tau_r + \mu \cdot \gamma^n$, щоб «крива» пройшла по точках на графіку на рис. 3.8. У моделі Гершеля-Балклі $\tau = \tau_r + \mu \cdot \gamma^n$ індекс текучості ми прийняли $n = 0,125$; граничне напруження зсуву (при якому лише починається витікання матеріалу з мундштука $\tau_r = 10000$ Па (табл. 3.2)); отже розв'язання задачі полягає лише у визначенні коефіцієнта μ (Па·сⁿ). Математичними

методами з використанням матриці $\begin{pmatrix} 0 & 10000 \\ 20.44 & 46940 \\ 131.56 & 57777 \end{pmatrix}$ ми знайшли

$$\mu = 2,58 \cdot 10^4 \text{ (Па}\cdot\text{с}^n\text{)}.$$

Отже, модель для розглянутого нами матеріалу виглядає так:

$$\tau = 10^4 + 2,58 \cdot 10^4 \cdot \gamma^{0,125}. \quad (3.8)$$

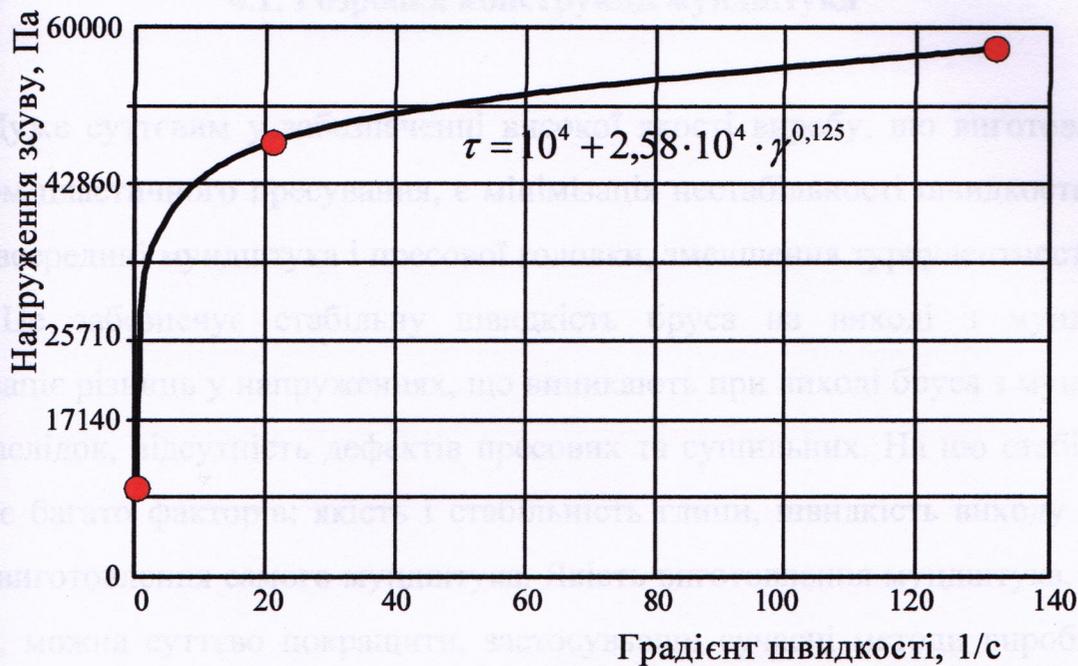


Рис. 3.9 – Співставлення «кривої» моделі Гершеля-Балклі та експериментальних точок (табл. 3.2) для дослідженого матеріалу

Принципово новим у запропонованій методиці є те, що iндекс течії n нами запропоновано призначати за формою гранул, тобто, досить довільно. Традиційні методики передбачають застосування складних формул і метода послідовних наближень. Насправді ж, навіть якщо ми помилились з призначеною величиною n , то це приведе до того, що «крива», отримана апроксимуванням табличних даних, не пройде по точках. Об'єктивним свiдоцтвом цього буде велике значення дисперсії адекватності. В цьому випадку ми легко зможемо призначити iнше значення n .

Рис. 4.1 – Схема кріплення з'єднання болтами

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Пр. ...

4. Практичне значення застосування результатів дослідження і

моделювання

4.1. Розробка конструкції мундштука

Дуже суттєвим у забезпеченні високої якості виробу, що виготовляється методом пластичного пресування, є мінімізація нестабільності швидкостей руху глини всередині мундштука і пресової головки, зменшення турбулентності цього руху. Це забезпечує стабільну швидкість бруса на виході з мундштука, мінімізація різниць у напруженнях, що виникають при виході бруса з мундштука як наслідок, відсутність дефектів пресових та сушильних. На цю стабільність впливає багато факторів: якість і стабільність глини, швидкість виходу бруса і якість виготовлення самого мундштука. Якість виготовлення мундштука, на наш погляд, можна суттєво покращити, застосувавши сучасні методи виробництва. Зокрема, мундштук може бути виготовлений методом 3D-друку на 3D-принтері. Так можна досягти раціональних градієнтів переходу перерізу від пресової головки до виходу з мундштука. На рис. 4.1 наведено загальний вигляд з'єднання мундштука з пресовою головою та з корпусом преса.

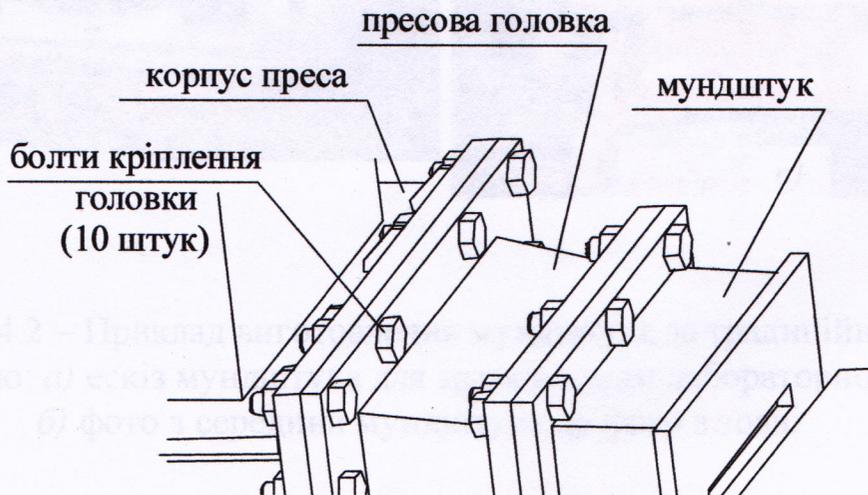


Рис. 4.1 – Схема кріплення мундштука болтами

				ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ		
Лист	№ докум.	Дата		Літ.	Лист	Листів
Вироб.	Момот С.О.	09.08.24			1	14
Перев.				Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р 51		
Вірн.	Крот О.Ю.	9.8.24				
Контр.	Васильч О.	09.08.24				
Відп.	Орисяк ОВ	09.08.24				

Традиційним способом виготовлення пресового мундштука (фільери) складної форми був такий. Декілька листів поліетилену низького тиску (ГОСТ 16338-85) товщиною, наприклад, 10мм, скріплялися між собою болтами чи гвинтами, затискаються між сталевими пластинами (рис. 4.2).

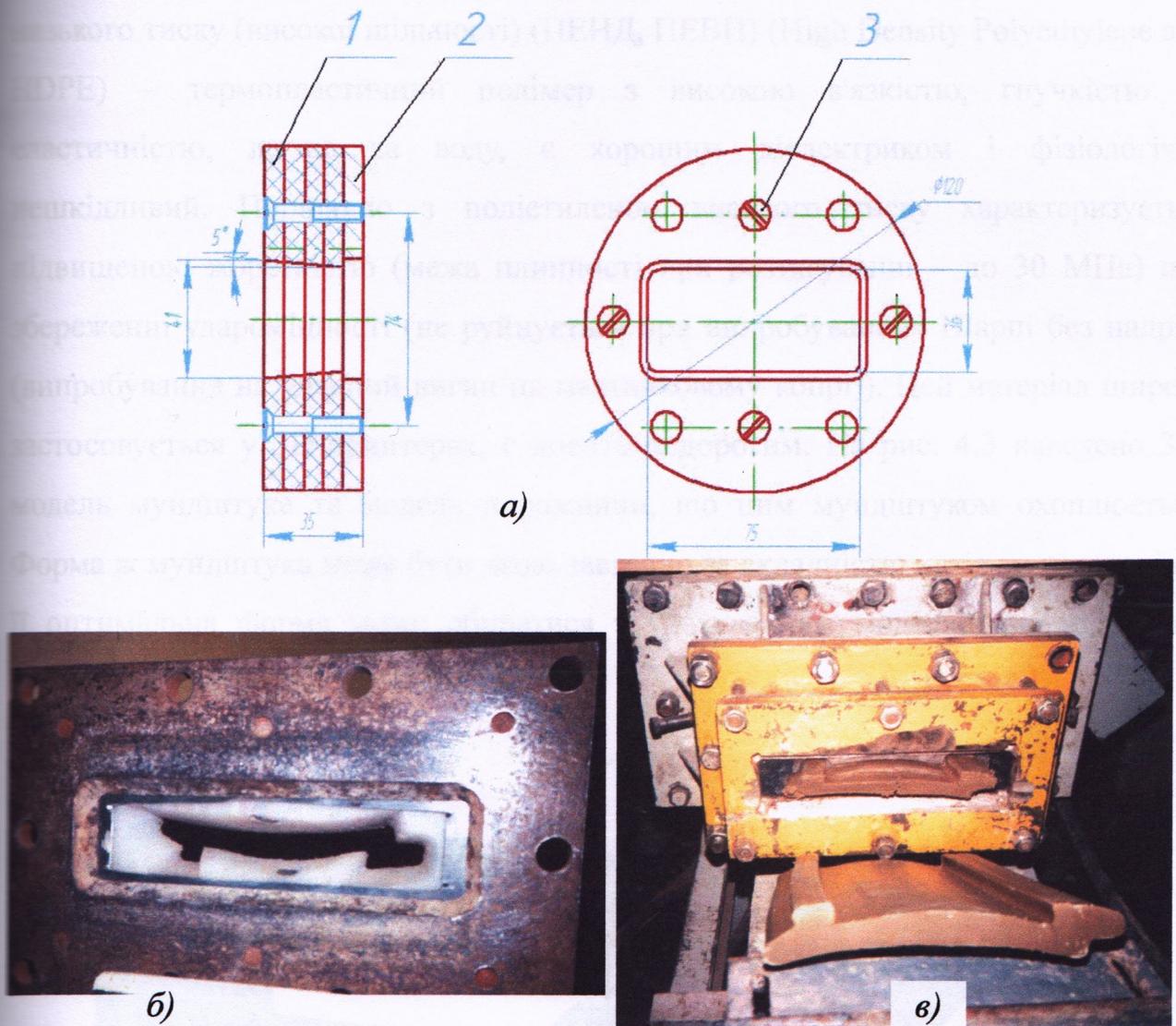


Рис. 4.2 – Приклад виготовлення мундштука за традиційною технологією: а) ескіз мундштука для зразків цегли лабораторного преса; б) фото з середини мундштука; в) фото з зовні

Після цього в пакеті поліетиленових пластин висвердлюються отвори та поверхня, що контактуватиме з глиною, оброблюється напилками вручну. Ця процедура досить кропітка, потребує навички, але головне, що переріз виготовленого таким чином мундштука буде мати прямолінійні твірні. Через це

4.2. Приклад дослідження реологічних характеристик глини та використання результатів у моделі Гершеля-Балклі

Описана у розділі 3 послідовність дій (методика) дозволяє для досліджуваного на лабораторному реометрі (рис. 4.4) матеріалу визначити параметри моделі Гершеля-Балклі (це конкретні значення τ_G ; μ ; n). А потім для реальних розмірів мундштука (H і L) екструдера, що конструюється, і бажаної швидкості екструдювання v визначити тиск у матеріалі. Це буде основою для розрахунку зусилля пресування, крутних моментів та розрахунків на міцність конструктивних елементів.

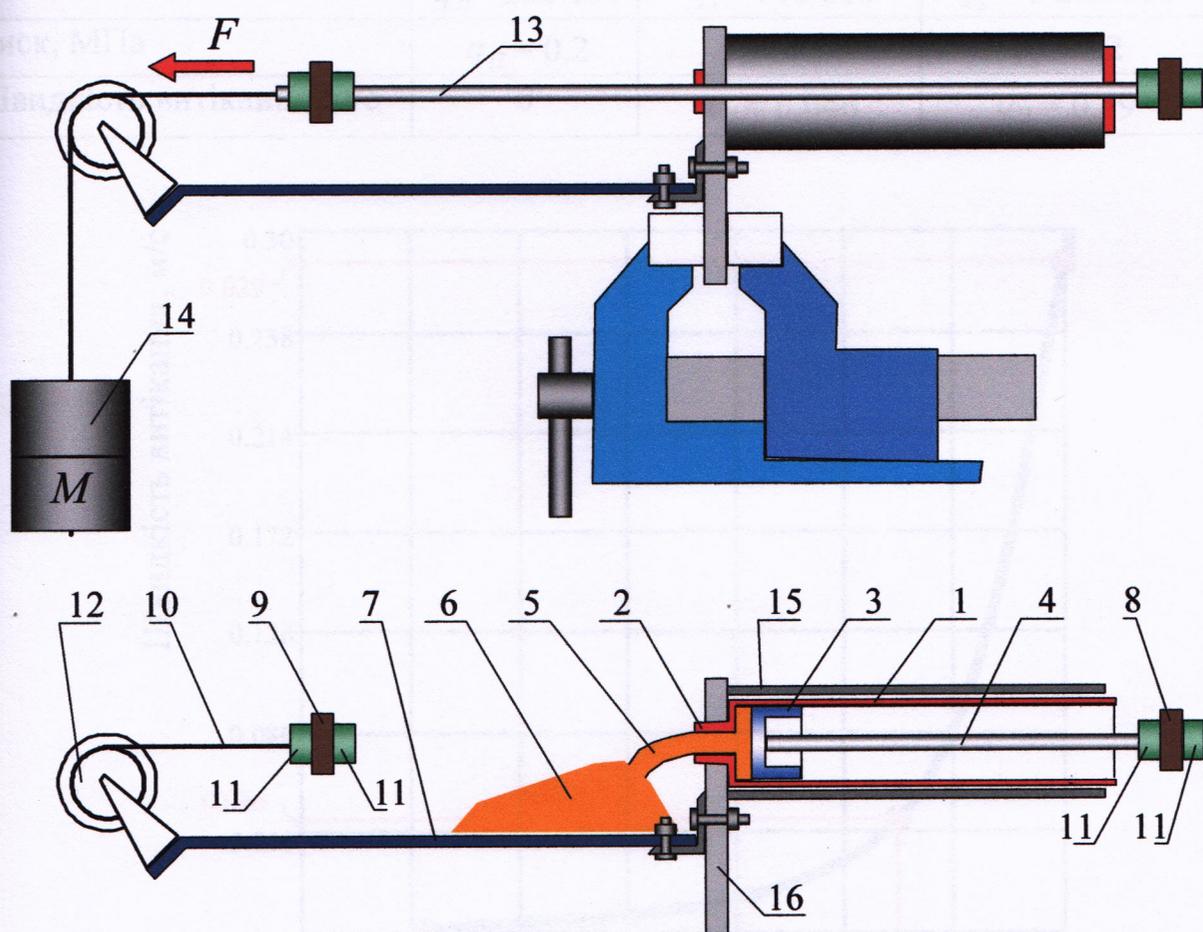


Рис. 4.4 – Схема запропонованого поршневого екструзійного реометра

Послідовність може бути така.

Для бажаного матеріалу експериментально (на реометрі) проводимо заміри в трьох точках (початок течії, повільне витікання, швидке витікання):

Таблиця 4.1. Результатів дослідження матеріалу у поршневному реометрі

	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Тиск, Па	q_{II}	q_1	q_2
Швидкість витікання, м/с	0	v_1	v_2

Наприклад, для глини, з якої формується черепиця (чи цегла):

Таблиця 4.2. Результатів дослідження формувальної глини у поршневному реометрі

	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Тиск, Па	$q_{II} = 200\ 000$	$q_1 = 940\ 000$	$q_2 = 1\ 200\ 000$
Тиск, МПа	$q_{II} = 0,2$	$q_1 = 0,94$	$q_2 = 1,2$
Швидкість витікання, м/с	0	$v_1 = 0,046$	$v_2 = 0,29$

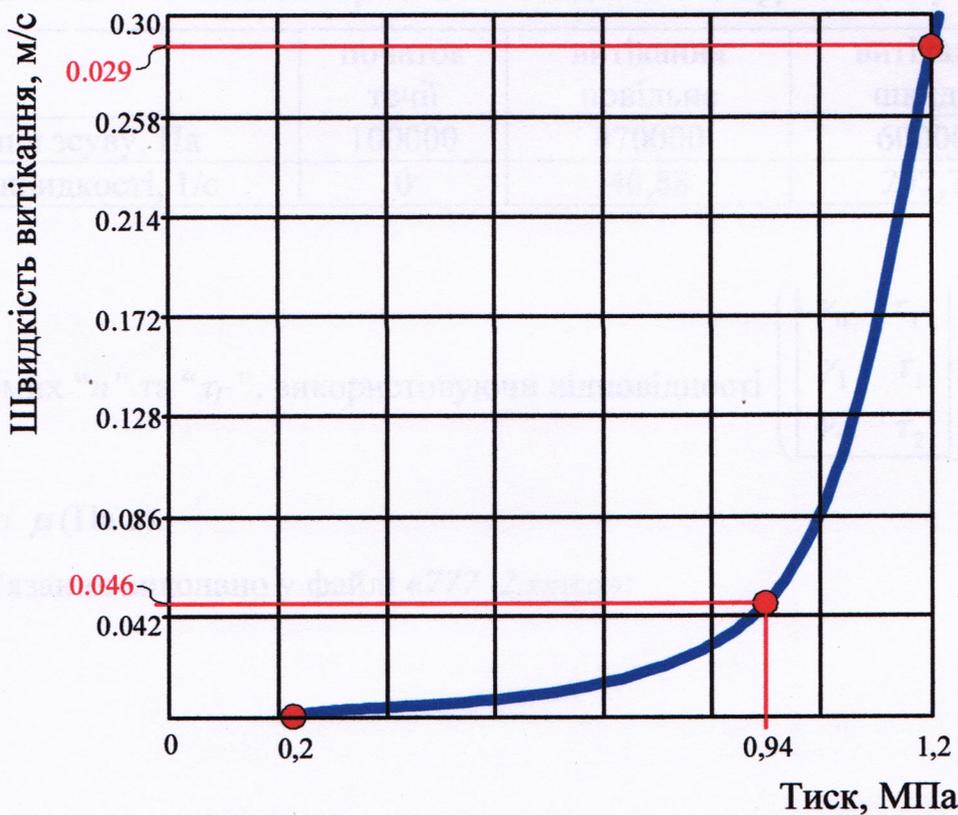


Рис. 4.5 – Графік залежності швидкості витікання глини від тиску пресування

2. За картоною швидкостей і за формою гранул **призначаємо** величину “*n*” (наприклад, 0,125).

3. Розраховуємо τ_r (граничне): $\tau_r = \frac{q_{II} \cdot H}{2 \cdot L}$, Па.

$$\gamma_0 = 0 \quad \tau_r = \frac{q_{II} \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{200000 \cdot 0.009}{2 \cdot 0.009} = 100000 \text{ Па}. \quad (4.1)$$

Тут $H = L = 0,009 \text{ м}$ – розміри каналу екструзійного реометра (рис. 4.4); γ_0 – нульовий градієнт швидкості.

4. Розраховуємо $\gamma_1 \approx \frac{v_1}{n \cdot H}$; $\gamma_2 \approx \frac{v_2}{n \cdot H}$; $\tau_1 = \frac{q_1 \cdot H}{2 \cdot L}$; $\tau_2 = \frac{q_2 \cdot H}{2 \cdot L}$.

$$\gamma_1 \approx \frac{0,046}{0,125 \cdot 0,009} = 40,88 \frac{1}{\text{с}}. \quad \tau_1 = \frac{q_1 \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{940000}{2} = 470000 \text{ Па} \quad (4.2)$$

$$\gamma_2 \approx \frac{0,29}{0,125 \cdot 0,009} = 257,78 \frac{1}{\text{с}}. \quad \tau_2 = \frac{q_2 \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{1200000}{2} = 600000 \text{ Па} \quad (4.3)$$

Таблиця 4.3. Значення градієнтів швидкості і напруження зсуву

	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Напруження зсуву, Па	100000	470000	600000
Градієнт швидкості, 1/с	0	40,88	257,78

5. Для відомих “*n*” та “ τ_r ”, використовуючи відповідності

$$\begin{pmatrix} \gamma_0 & \tau_r \\ \gamma_1 & \tau_1 \\ \gamma_2 & \tau_2 \end{pmatrix}$$

визначаємо μ (Па·с).

Розв’язання виконано у файлі «777_2.xmcd»:

$$F(x) := \begin{pmatrix} 1 \\ x^{0.125} \end{pmatrix} \quad \text{data} := \begin{pmatrix} 0 & 100000 \\ 40.88 & 470000 \\ 257.78 & 600000 \end{pmatrix}$$

```
n := rows(data)      n = 3      i := 0..n - 1
```

```
data := csort(data, 0)
```

```
X := data<0>      Y := data<1>      S := linfit(X, Y, F)      fit(x) := F(x)·S
```

$$\sum_i (\text{fit}(X_i) - Y_i)^2 = 4.419 \times 10^8$$

```
npoints := 200      j := 0..npoints
tx_j := min(X) + j * (max(X) - min(X)) / npoints
```

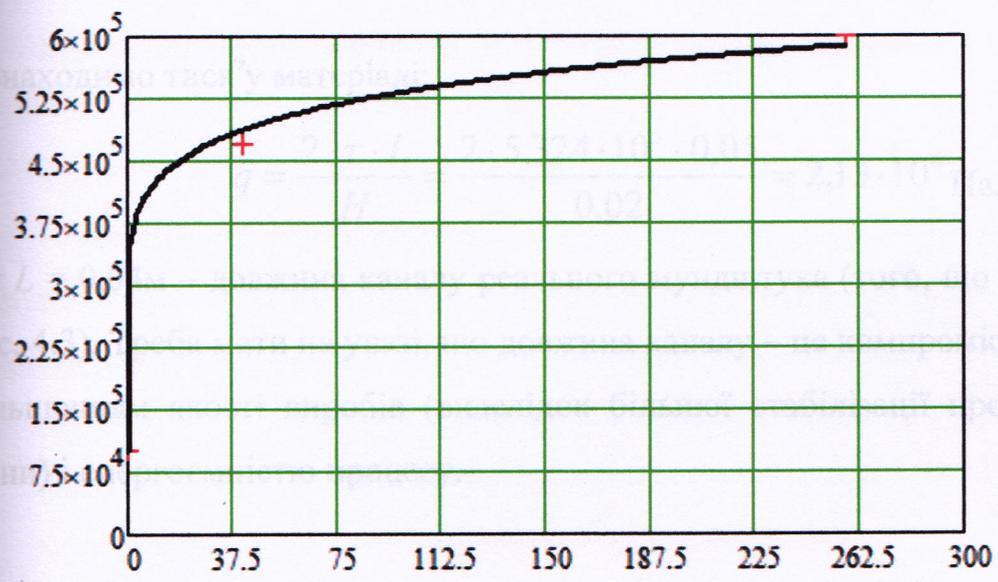


Рис. 4.6 – Фрагмент з файлу «777_2.xmcd»

$$S = \begin{pmatrix} 9.666 \times 10^4 \\ 2.45 \times 10^5 \end{pmatrix} \text{ – це відповідно } \tau_r \text{ і } \mu \text{ у моделі Гершеля-Балклі.}$$

6. Тепер ми маємо модель Гершеля-Балклі $\tau = \tau_r + \mu \cdot \gamma^n$ з конкретними значеннями τ_r , n і μ ($\tau = 9,67 \cdot 10^4 + 2,45 \cdot 10^5 \cdot \gamma^{0,125}$).

7. Для бажаних швидкості витікання матеріалу з мундштука $U_{\text{бажана}}$ та висоти каналу H (для мундштука, що проектується, рис. 4.3) визначаємо градієнт швидкості:

$$\gamma \approx \frac{v_{\text{бажана}}}{n \cdot H} \quad (4.4)$$

Прийmemo, наприклад, бажану швидкість екструдування глини з мундштука $v_{\text{бажана}} = 0,25 \text{ м/с}$, $H = 0,02 \text{ м}$ (20мм, рис. 4.3). Тоді:

$$\gamma \approx \frac{v_{\text{бажана}}}{n \cdot H} = \frac{0,25}{0,125 \cdot 0,02} = 100 \frac{1}{\text{с}} \quad (4.5)$$

8. Підставляємо знайдене значення γ в модель $\tau = \tau_r + \mu \cdot \gamma^n$ і знаходимо τ для конкретних (вибраних нами, бажаних) мундштука, матеріалу і швидкості.

$$\tau = 9,67 \cdot 10^4 + 2,45 \cdot 10^5 \cdot \gamma^{0,125} = 9,67 \cdot 10^4 + 2,45 \cdot 10^5 \cdot 100^{0,125} = 5,324 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad (4.6)$$

9. Знаходимо тиск у матеріалі:

$$q = \frac{2 \cdot \tau \cdot L}{H} = \frac{2 \cdot 5,324 \cdot 10^5 \cdot 0,05}{0,02} = 2,13 \cdot 10^6 \text{ Па} \quad (4.7)$$

Тут $L = 0,04 \text{ м}$ – довжина каналу реального мундштука (того, що конструюється) (рис. 4.3). Треба мати на увазі, що довжина каналу – це компроміс між можливим збільшенням якості виробів (внаслідок більшої стабілізації процесу витікання глини) і енергоємністю процесу.

10. Знаходимо зусилля пресування. Наприклад, якщо це поршневий прес, то $F = q \cdot S$ (тут S – площа днища поршня). Наприклад, якщо площа днища поршня $S = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ м}^2$, то:

$$F = q \cdot S = 2,13 \cdot 10^6 \cdot 0,03 = 6,390 \cdot 10^4 \text{ Н} \quad (4.8)$$

Або приблизно $6,5 \cdot 10^3 \text{ кгс}$; або 6,5 тс; або 63,9кН. Можна порівняти, наприклад, це значення з зусиллям пресування, що в розділі 3.1 ми приймали як силу ділянки екструзії (52 кН) – дуже близько (очевидно, це для трішки іншої глини).

11. Знаходимо моменти кручення на обертових елементах (за методикою, викладеною у розділі 3.1), потужність та розраховуємо зусилля на конструктивних елементах.

4.3. Розрахунок болтів для закріплення пресової головки

Схема кріплення головки приведена на рис. 4.1.

Вихідні дані:

1. Максимальний тиск глиняної маси на пресову головку $q = 2,13 \cdot 10^6$ Па (з залежності (4.7)).

2. Число болтів, що з'єднують, пресову голівку з корпусом преса $z = 10$.

Для розрахунку прийmemo болти нормальної точності з сталі 40.

Максимальне значення навантаження, що діє на болтове з'єднання:

$$F = 6,390 \cdot 10^4 \text{ Н (з залежності (4.8)).}$$

Максимальне значення змінного навантаження, що діє на один болт:

$$F = \frac{F}{z} = \frac{6,390 \cdot 10^4}{10} = 6390 \text{ Н.} \quad (4.9)$$

Попередньо розраховуємо болти на статичну міцність. Приймемо коефіцієнт зовнішнього навантаження $x = 0,5$. Оскільки тут навантаження змінне, то прийmemo коефіцієнт затяжки болта $k = 2$.

Тоді розрахункова сила:

$$F_p = (1,3 \cdot k(1 - x) + x) \cdot F = (1,3 \cdot 2(1 - 0,5) + 0,5) \cdot 6390 = 11500 \text{ Н.} \quad (4.10)$$

Для сталі 40 за ГОСТ 1050-74 межа текучості $\sigma_T = 335$ МПа.

Допустима напруга на розтягнення для болтів визначаємо за формулою:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{S} = \frac{335}{3} \approx 111 \text{ МПа.} \quad (4.11)$$

Внутрішній діаметр різьби болта визначаємо за формулою:

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{F_p}{[\sigma_p]}} = 1,13 \sqrt{\frac{11500}{111}} = 11,5 \text{ мм.} \quad (4.12)$$

Обчисленому значенню $d_1 = 11,5$ мм відповідає різьба М14 (СТ СЭВ 181-75), болт М14×50 (ГОСТ 7798-70) і гайка М14 (ГОСТ 5915-70).

Перейдемо до розрахунку болтів на втомлення.

Сила початкової затяжки болта визначається за формулою:

$$F_{\text{затяжки}} = k \cdot (1-x) \cdot F = 2 \cdot (1 - 0,5) \cdot 6390 = 6390 \text{ Н.} \quad (4.13)$$

Змінне навантаження, що діє на болт:

$$x \cdot F_{\text{затяжки}} = 0,5 \cdot 6390 = 3195 \text{ Н.} \quad (4.14)$$

Площа поперечного перерізу болта по внутрішньому діаметру різьби:

$$A_1 = \frac{\pi \cdot (d_1)^2}{4} = \frac{\pi \cdot (11,5)^2}{4} \approx 104 \text{ мм}^2. \quad (4.15)$$

Напруження початкової затяжки визначаємо за формулою:

$$\sigma_{\text{затяжки}} = \frac{F_{\text{затяжки}}}{A_1} = \frac{6390}{104} = 61,4 \text{ МПа.} \quad (4.16)$$

Амплітуда напружень циклу:

$$\sigma_a = \frac{x \cdot F_{\text{затяжки}}}{2 \cdot A_1} = \frac{3195}{2 \cdot 104} = 15,36 \text{ МПа.} \quad (4.17)$$

Максимальне напруження циклу визначаємо за формулою:

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_{\text{затяжки}} + 2 \cdot \sigma_a = 61,4 + 2 \cdot 15,36 = 92,12 \text{ МПа.} \quad (4.18)$$

Межа витривалості при розтягуванні для матеріалу болта $\sigma_{1-p} = 262 \text{ МПа}$.

Для болта діаметром 14 мм, максимальне значення коефіцієнта впливу абсолютних розмірів поперечного перерізу $K_d = 1$. Ефективний коефіцієнт концентрації напруг прийmemo $K_\sigma = 4$.

Перевірка болтів на втому запасу міцності болтів по максимальній напрузі:

$$S_a = \frac{K_d \cdot \sigma_{1-p}}{(K_\sigma \cdot \sigma_a)} = \frac{1 \cdot 262}{4 \cdot 15,36} = 4,26 > [S] = 2,5. \quad (4.19)$$

Перевіримо, чи достатній коефіцієнт запасу міцності болтів по максимальній напрузі:

$$S_a = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{335}{92,12} = 3,63 > [S] = 1,5. \quad (4.20)$$

Отже, міцність болтів за всіма показниками є достатньо.

Висновок: для кріплення пресової головки до корпусу преса **приймаємо 10 болтів M14×50 клас міцності 10,9.**

4.4. Вибір двигуна

Кінематичну схему привода преса наведено на рис. 4.7.

Загальне передаточне число вибрано $2,5 \cdot 40 \cdot 4 = 400$.

Кількість ходів куліси за хвилину 2,5 ходів/хв.

Отже, частота обертання двигуна 1000 об/хв.

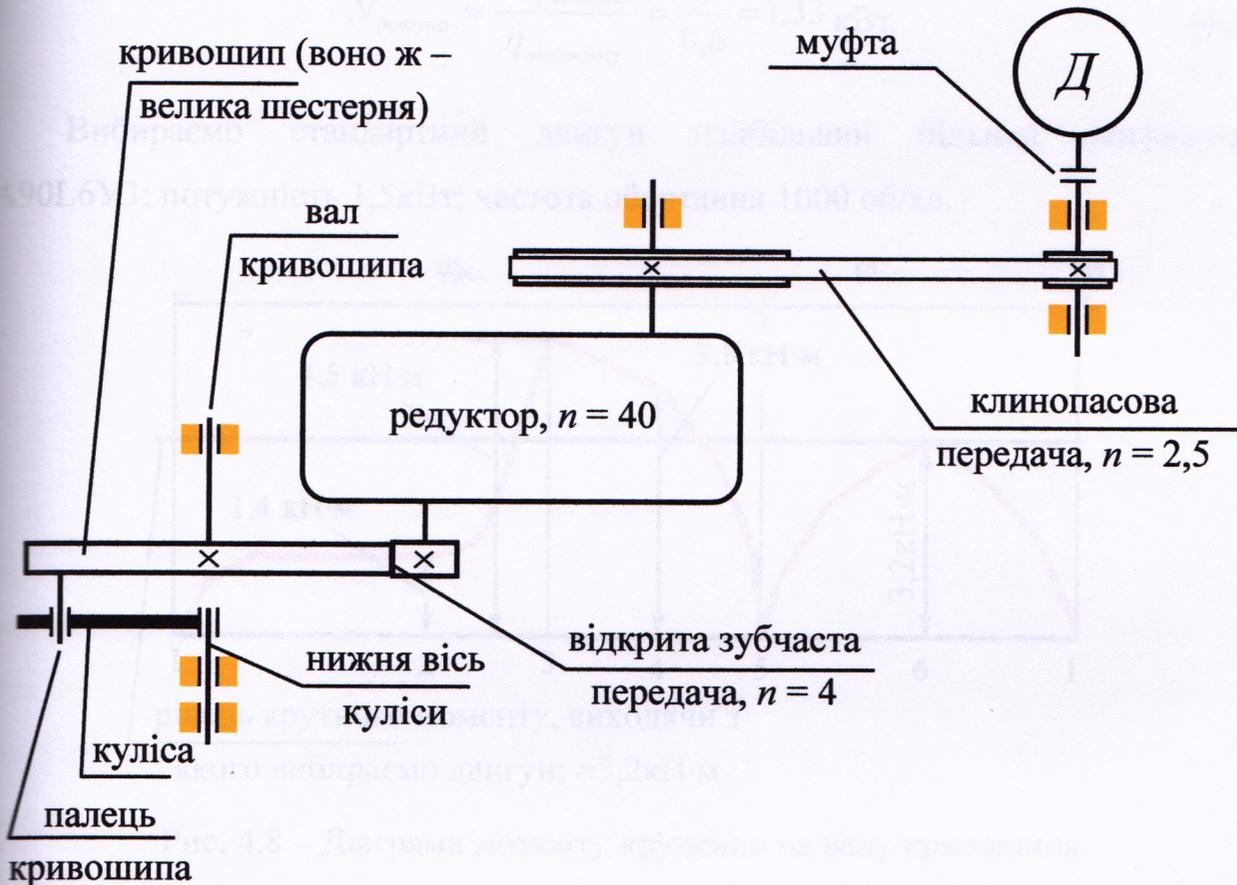


Рис. 4.7 – Кінематична схема привода преса

Потужність двигуна визначається виходячи з діаграми крутного моменту, методика і приклад визначення якого викладено у розділі 3 (рис. 3.1 та рис. 4.8). На рис. 4.8 наведено рівень крутного моменту, виходячи з якого вибираємо двигун; $M_{\text{кривошипа}} \approx 3,2 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Потрібна потужність двигуна, враховуючи, що потрібна кутова швидкість кривошипа 0,25 рад/с (2,5 об/хв) визначається так:

$$N_{\text{кривошипа}} = M_{\text{кривошипа}} \cdot \omega_{\text{кривошипа}} = 3,2 \cdot 0,25 = 0,8 \text{ кВт} \quad (4.21)$$

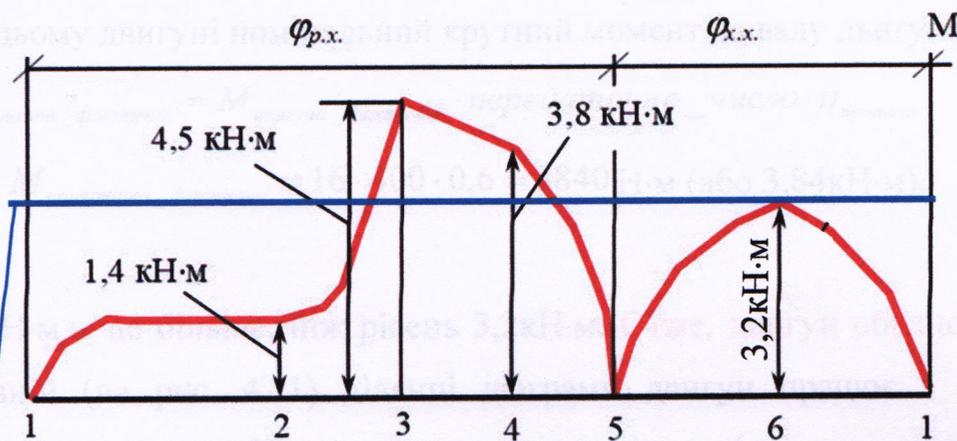
Але це значення потужності на валу кривошипа. Частина енергії, що приходить до куліси від двигуна, буде витратитися: на муфті, на клинопасовій

				ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
				61	

передачі, в редукторі, на відкритій зубчастій передачі, на шарнірах куліси, а також на тертя поршня об корпус преса. Врахувати особливо останні дві складових досить складно і виходить за межі даного дослідження. Тому, напевно, з великим запасом вважаємо к.к.д. механізму $\eta_{\text{механізму}} = 0,4$. Отже, потужність на валу двигуна розраховуємо так:

$$N_{\text{двигуна}} = \frac{N_{\text{кривошипа}}}{\eta_{\text{механізму}}} = \frac{0,8}{0,6} = 1,33 \text{ кВт.} \quad (4.22)$$

Вибираємо стандартний двигун найбільшої більшої потужності: 4A90L6УЗ: потужність 1,5кВт; частота обертання 1000 об/хв.



рівень крутного моменту, виходячи з якого вибираємо двигун; $\approx 3,2 \text{ кН}\cdot\text{м}$

Рис. 4.8 – Діаграма моменту кручення на валу кривошипа

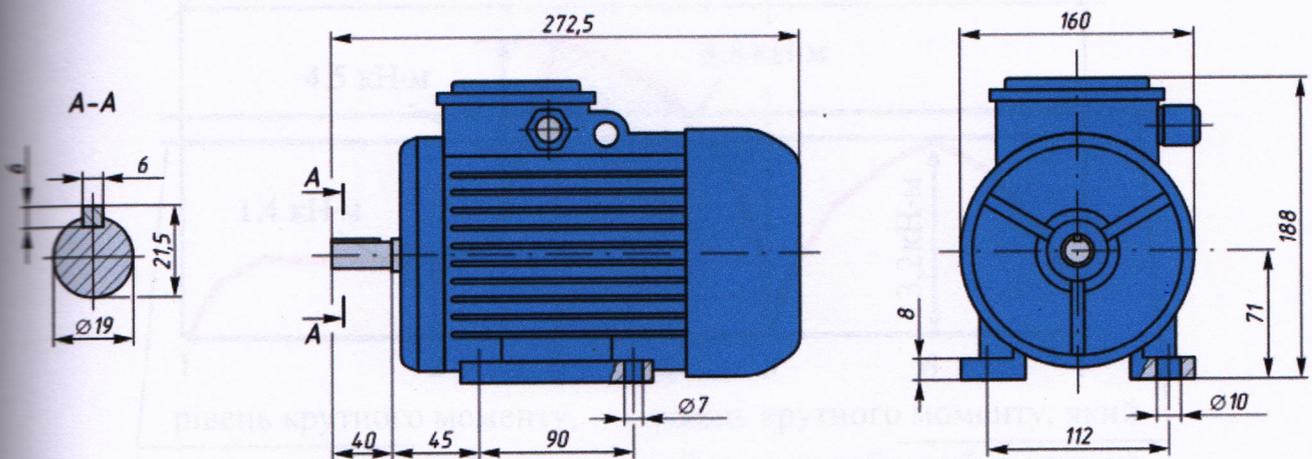


Рис. 4.9 – Двигун 4A90L6

Коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$)	0,68/0,81
Сила струму номінальна (для напруг 220/380 В)	3,9/4,0 А
Співвідношення пускового струму до номінального	5,0/5,5
Співвідношення пускового моменту до номінального	1,6/1,6
Співвідношення максимального моменту до номінального	1,9/2,1
Співвідношення мінімального моменту до номінального	1,5/1,2
Маса	19,6 кг
Номінальний крутний момент, Н·м	16

Рис. 4.10 – Характеристика двигуна 4A90L6

При цьому двигуні номінальний крутний момент на валу двигуна складе:

$$M_{\text{кривошипа_фактична}} = M_{\text{двигуна_фактична}} \cdot \text{передаточне_число} \cdot \eta_{\text{привода}} \quad (4.23)$$

$$M_{\text{кривошипа_фактична}} = 16 \cdot 400 \cdot 0,6 = 3840 \text{ Н}\cdot\text{м} \text{ (або } 3,84\text{кН}\cdot\text{м)}. \quad (4.24)$$

3,84кН·м – це більше, ніж рівень 3,2кН·м. **Отже, двигун обрано вірно.** На заштрихованій (на рис. 4.11) ділянці діаграми двигун працює з невеликим перевантаженням, що є цілком припустимо, оскільки (судячи з характеристик двигуна, рис. 4.10) співвідношення максимального моменту до номінального складає 1,9/2,1.

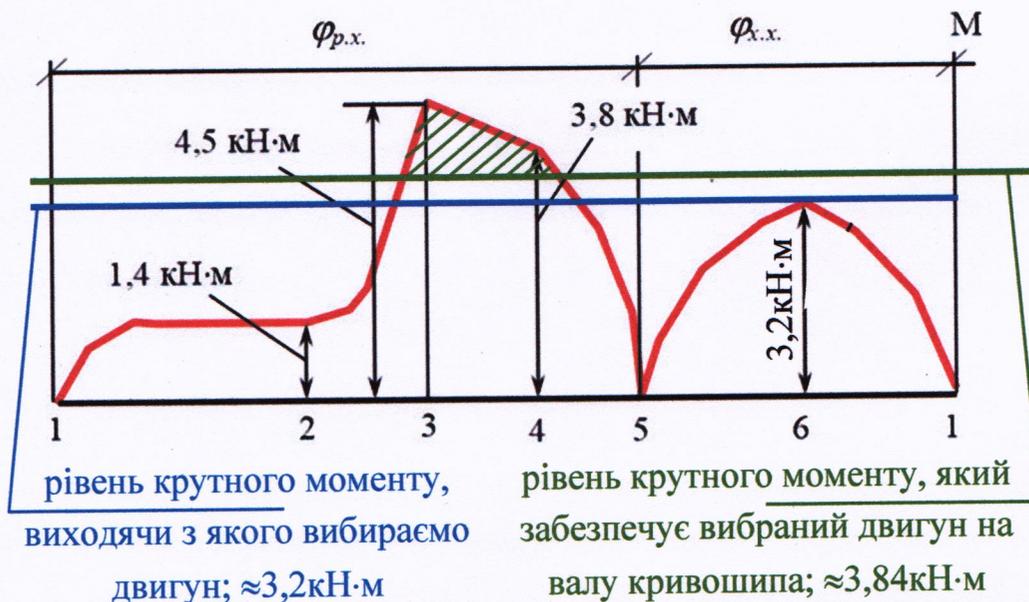


Рис. 4.11 – Рівень крутного моменту, який забезпечує вибраний двигун на валу кривошипа

				ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ		Лист
Лист	№ докум.	Підп.	Дата			63

Для повного виключення імовірності перевантажування двигуна можна застосувати встановлення на вал двигуна відповідно підбраного маховика (методика такого підбору у навчальному посібнику [15]).

керамічної цегли, фігурних стілових виробів та черепиці.

2. Розглянуто конструкцію надійного і з невеликими енерговитратами преса порівняно простої конструкції – торканового кришко-кулісного преса для виробництва будівельної кераміки малими партіями. Прес може встановлюватися на діючому заводі з виробництва керамічної цегли екструзійного пресування додатково до шинкового стінкового преса.

3. Досліджено кулісний механізм, який забезпечує малу швидкість ходу воршні – велику швидкість та мале зусилля на обертку цилінду в результаті чого маленьку швидкість і велике зусилля в кінці ходу простягає, чому вона це необхідно.

4. Розрахунково-графічним методом побудовано діаграму залежності крутного моменту на кришвині по куту його повороту, яка є необхідною для вибору двигуна, вибору маховика і конструювання прилада.

5. Розглянуто можливість експериментально визначати реологічні характеристики в'язкопластичних суцільних середовищ, що застосовуються у технічних галузях, за допомогою поршневого реометра, у вигляді доту з пластика труба від будівельного заводу. Як приклад виконано дослідження реологічних характеристик гірської будівельної речовини.

6. Реологічні властивості жорстких матеріалів запропоновано визначати, застосовуючи модель Гаршеля-Баллія як математичну модель суцільного середовища.

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

№ докум.	№ докум.	Підп.	Дата
64	1.0		14.11

№ докум.	№ докум.	Підп.	Дата
64	1.0		14.11

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Лист

64

Висновки

1. Проведено аналіз обладнання, що використовується для формування керамічної цегли, фігурних стінових виробів та черепиці.
2. Розглянуто конструкцію надійного і з невеликими енерговитратами преса відносно простої конструкції – поршневого кривошипно-кулісного преса для виробництва будівельної кераміки малими партіями. Прес може встановлюватись на діючому заводі з виробництва керамічної цегли екструзійного пресування додатково до шнекового стрічкового преса.
3. Досліджено кулісний механізм, який забезпечує змінну швидкість ходу поршня – велику швидкість та мале зусилля на початку циклу пресування та маленьку швидкість і велике зусилля в кінці ходу пресування, саме коли це необхідно.
4. Розрахунково-графічним методом побудовано діаграму залежності крутного моменту на кривошипі по куту його повороту, яка є необхідною для вибору двигуна, вибору маховика і конструювання привода.
5. Розглянуто можливість експериментально визначати реологічні характеристики в'язкопластичних суцільних середовищ, що застосовуються у технічних галузях, за допомогою поршневого реометра, у складі якого є пластикова туба від будівельного силікону. Як приклад виконано дослідження реологічних характеристик гіпсового будівельного розчину.
6. Реологічні властивості досліджуваних матеріалів запропоновано визначати, застосовуючи модель Гершеля-Балклі як математичну модель суцільного середовища.

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ				
№	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Момот С.О.	<i>[Підпис]</i>	29.08.24
Перев.				
Керівн.		Крот О.Ю.	<i>[Підпис]</i>	9.8.24
Н. контр.		Васильев С.	<i>[Підпис]</i>	09.08.24
Затв.		Орленко О.В.	<i>[Підпис]</i>	03.08.24
Висновки			Літ.	Лист
			Н	1
				2
Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р 65				

Список літератури

7. Запропоновано у моделі Гершеля-Балклі індекс течії призначати виходячи з форми гранули, що виходить з мундштука поршневого реометра, що дозволяє суттєво спростити визначення градієнта швидкості руху потоку.

8. Розглянуто методику визначення конструктивних характеристик пресу на основі запропонованого методу побудови моделі Гершеля-Балклі та виконано приклад такого розрахунку.

9. На основі визначеного тиску пресування та діаграми крутного моменту виконано конструктивний розрахунок болтів кріплення пресової головки та вибір двигуна привода преса.

6. Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібноштучних матеріалів: Навч. посібник / О.Г. Савченко. – Х.: Тимченко, 2006. – 410 с. – Табл. – Біліограф.: 70 найменувань.

7. Воронов Г. К. Теорія та практика одержання хімічних речовин матеріалів: комплект лекцій (для студентів I курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімія технологій та інженерія) / Г. К. Воронов; Харків, нац. ун-т ім. Г. С. Сковороди ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 120 с.

8. Кривонос Н.Т. Підприємства ліній кераміки. – К.: Будівельник, 1983. – 232 с. (2024, лютий, 04).

9. Інтернет ресурс: <http://patents.ua/3-1705035-polyotobrazovatel-rombicheskogo-pressa.html>. (2024, лютий, 04).

10. Інтернет ресурс: <http://patents.ua/2-1263533-lentochnyj-press-dlya-gotovleniya-keramicheskiki-zdelij.html>. (2024, лютий, 04).

11. Інтернет ресурс: http://patents.ua/patents_0/335099-lentochnyj-press.html. (2024, лютий, 04).

12. Інтернет ресурс: http://patents.ua/patents_0/1558637-cypry-number.html. (2024, лютий, 04).

13. Інтернет ресурс: <http://patents.ua/2-343852-rombicheskiy-press.html>. (2024, лютий, 04).

№	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.7-289-95 «Черепиця керамічна. Технічні умови».
2. ДСТУ Б В.2.7-60-97 «Будівельні матеріали. Сировина глиниста для виробництва керамічних будівельних матеріалів».
3. Гоц В.І., Гелевера О.Г., Нестеров В.Г., Телющенко І.Ф. Технологія керамічних будівельних матеріалів: підручн. – К.: Основа, 2020. – 744 с.
4. Крупа А.А., Городов В.С. Химическая технология керамических материалов. – К.: Выща школа, 1990. – 399 с..
5. Швайка Д.И. Справочник мастера по производству стеновой керамики. – К.: Будівельник, 1990. – 184с.
6. Обладнання комплексів для виробництва будівельних дрібно штучних стінових виробів: Навч.. посібник / О.Г. Савченко. – Х.: Тимченко, 2006. –416 с.: іл., табл.. – Бібліограф.: 70 найменувань.
7. Воронов Г. К. Теорія та практика одержання хімічних речовин і матеріалів : конспект лекцій (для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія) / Г. К. Воронов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 120 с.
8. Кривоносова Н.Т. Підвищення якості кераміки. – К.: Будівельник, 1981. – 88с. (2024, лютий, 04).
9. Інтернет ресурс: <http://patents.su/3-1705085-pustotoobrazovatel-mundshtuka-lentochno-go-pressa.html>. (2024, лютий, 04).
10. Інтернет ресурс: <http://patents.su/2-1263533-lentochnyjj-press-dlya-izgotovleniya-keramicheskikh-izdelijj.html>. (2024, лютий, 04).
11. Інтернет ресурс: http://patents.su/patents_0/335099-lentochnyjj-press-1.png. (2024, лютий, 04).
12. Інтернет ресурс: <http://patents.su/?search=1555137&type=number>. (2024, лютий, 04).
13. Інтернет ресурс: <http://patents.su/2-343852-porshnevojj-press.html>. (2024, лютий, 04).

Розроб.				ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Перев.					
Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

14. Крот О.Ю. Розробка дискового глинопереробника з дуговою камерою пресування змінного перерізу для технологічних ліній будкераміки: автореф. дис. — канд. техн. наук : 05.02.16 / Крот Олександр Юлійович; Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури. — Харків, 1996. — 22с.

15. Крот О.Ю., Коробко Б.О., Крот О.П., Вірченко В.В. Експериментальні методи досліджень: навчальний посібник. — Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. — 192 с.; іл.

16. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р.А.Шмиг, В.М.Боярчук, І.М.Добрянський, В.М.Барабаш; за заг. ред. Р.А.Шмига.— Львів, 2010. — 222 с.

III СТУПЕНЯ

НАГОРОДЖУЄТЬСЯ

Молодот Станіслав Олександрович
добився успішного результату
в конкурсі студентів
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ПЕРЕМОЖЕЦЬ

Вступивши в творчий конкурс студентів
— працював над проектом
— матириалом та оформивши
— переможцем

Полтава, 19.10.2010 р.
Директор Інституту
Інженерної Академії

М.І.Орловський

ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ

Розроб.				ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ	Лист
Перев.					68
Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток 1. Копія диплому переможця Всеукраїнського конкурсу
студентських наукових робіт**



					ГМ.601-ММВ.014-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лім.	Лист	Листів
Разроб.		Момот С.О.	<i>[Signature]</i>	08.08.24	Н	1	1
Терев.							
Мерівн.		Крот О.Ю.	<i>[Signature]</i>	09.08.24			
Контр.		Васильев ОС	<i>[Signature]</i>	09.08.24			
Затв.		Орисяк ОВ	<i>[Signature]</i>	09.08.24			
					Додаток 1		
					Національний університет імені Юрія Кондратюка, ННІТР, 2024 р		

**Розробка та дослідження поршневого кривошипно-
кулісного преса для виробництва будівельної кераміки**

Презентаційні матеріали

ГММ.601-ММв.010-00.00.000 ПМ

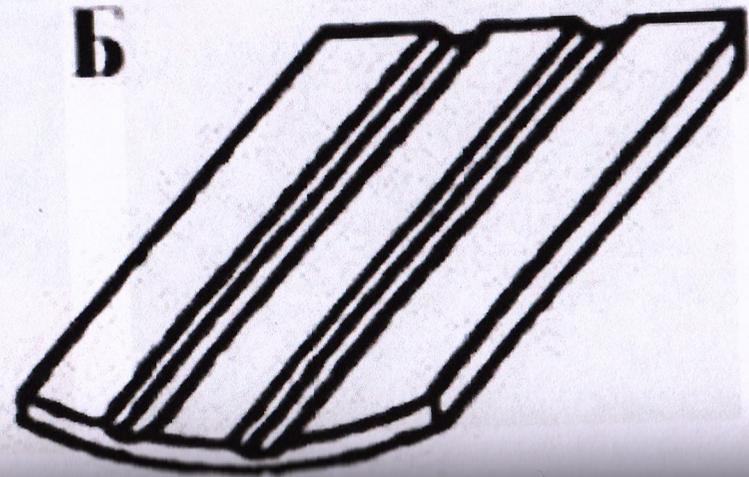
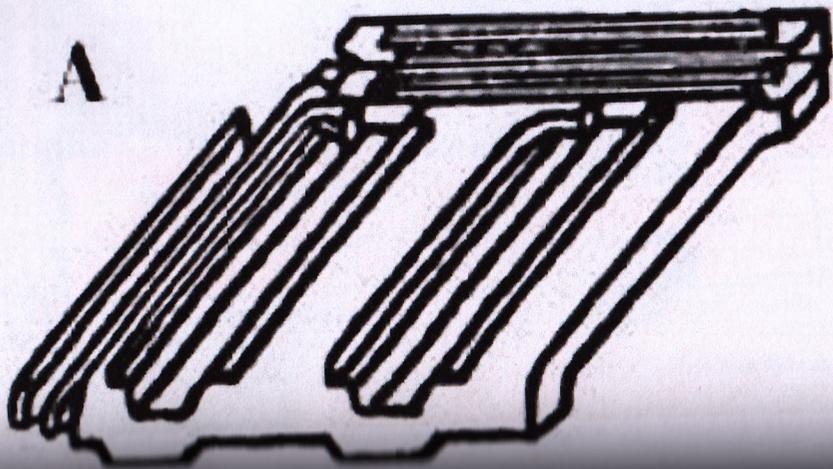
Розробка та дослідження **2**
поршневого кривошипно-кулісного
преса для виробництва будівельної
кераміки

Розробник – студент Момот Станіслав
Олександрович

Керівник – проф. Крот Олександр
Юлійович

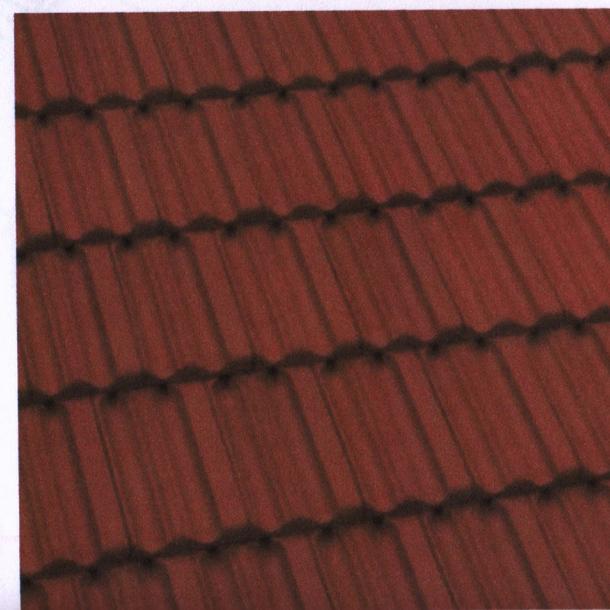
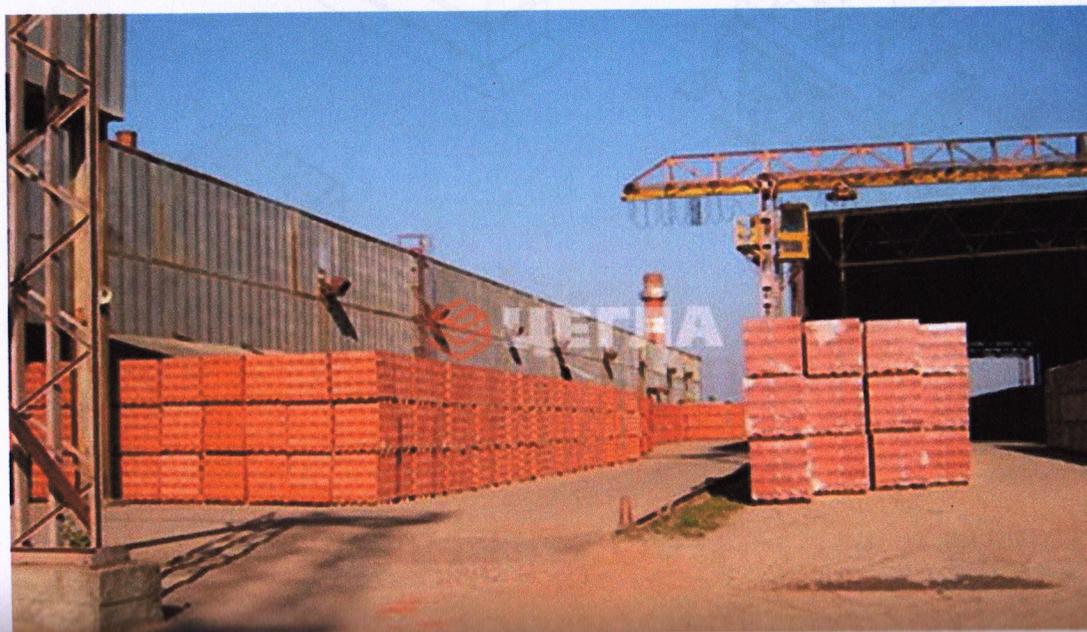
Національний університет «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка»

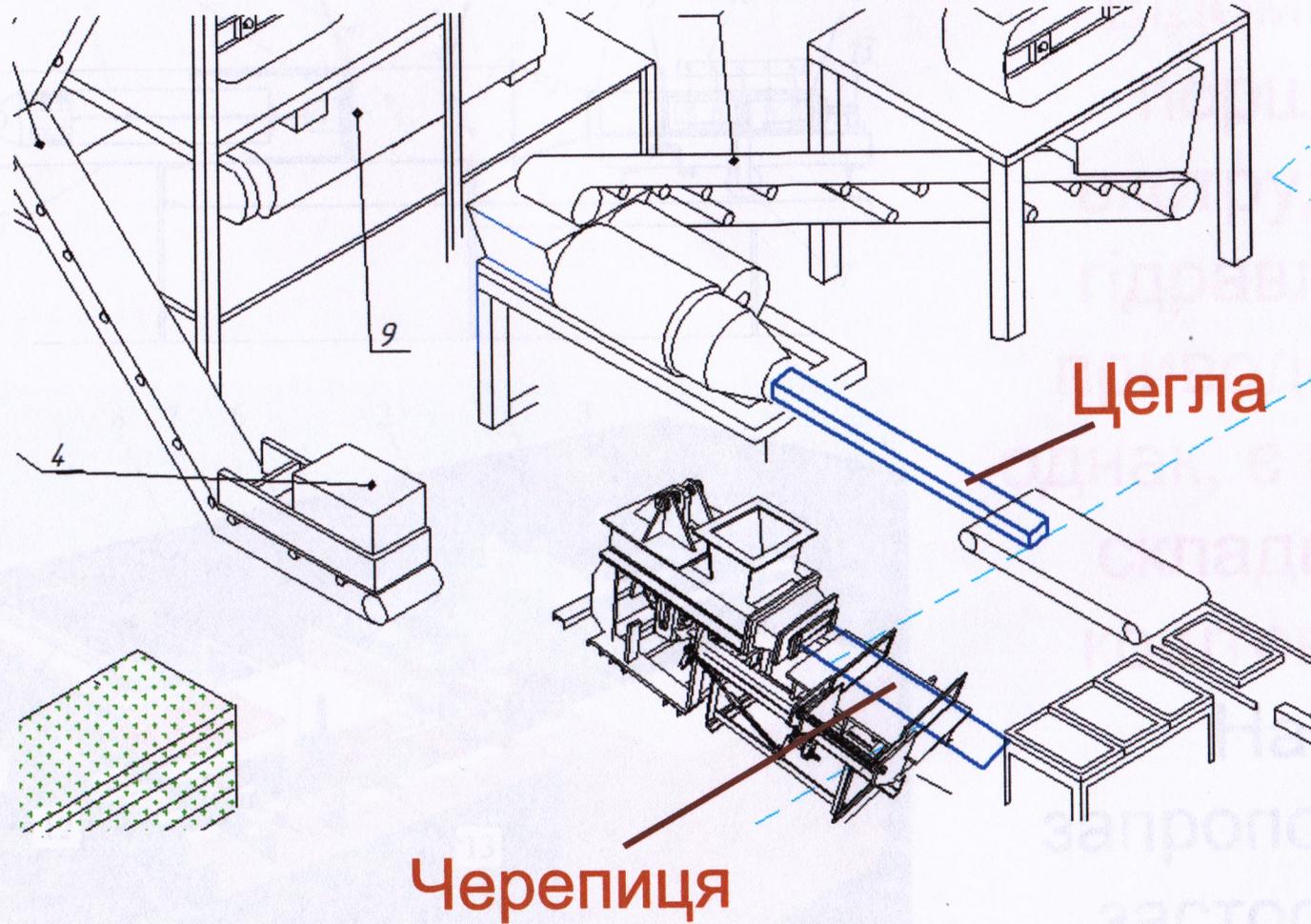
Серед сучасних будівельних виробів у світі, зокрема у європейських країнах, особливою популярністю користується керамічна покрівельна черепиця. Існують технології штампування черепиці на штампувальних пресах із заздалегідь підготованих заготовок (А) та стрічкове виготовлення черепиці з використанням екструдерів (Б).



Для існуючих підприємств, що виготовляють керамічну цеглу, виготовлення черепиці малими партіями на окремому пресі малої продуктивності може суттєво розширити асортимент продукції, що випускається підприємством.

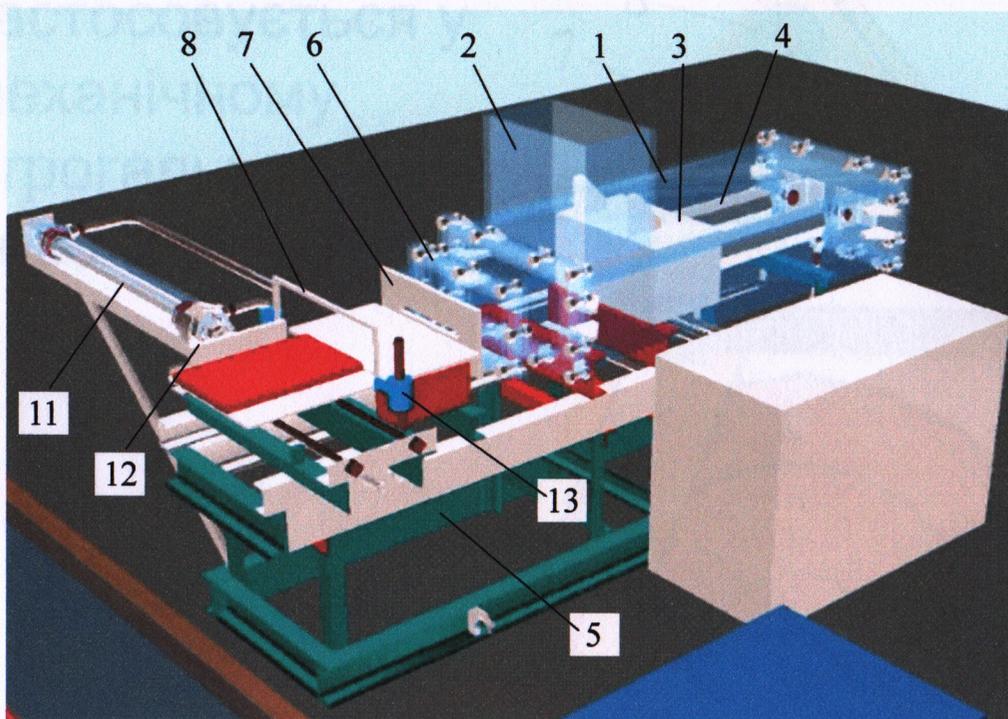
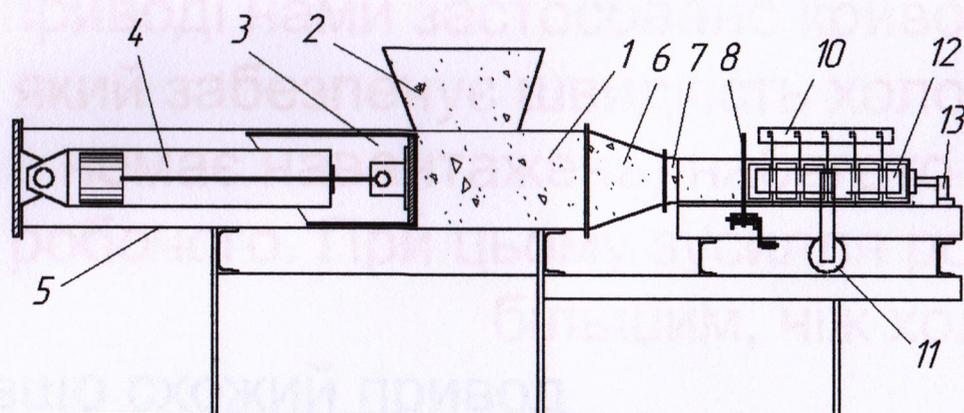
4





Невеликий прес для формування черепиці може бити встановлений поряд з великим пресом, що

6



1 – корпус; 2 – бункер; 3 – поршень; 4 – основний гідроциліндр; 5 – рама; 6 – пресо́ва голівка; 7 – мундштук; 8 – поворотний лучок; 9 – гідропомпний лучок; 10 – рама із струнами; 11 – гідроциліндр

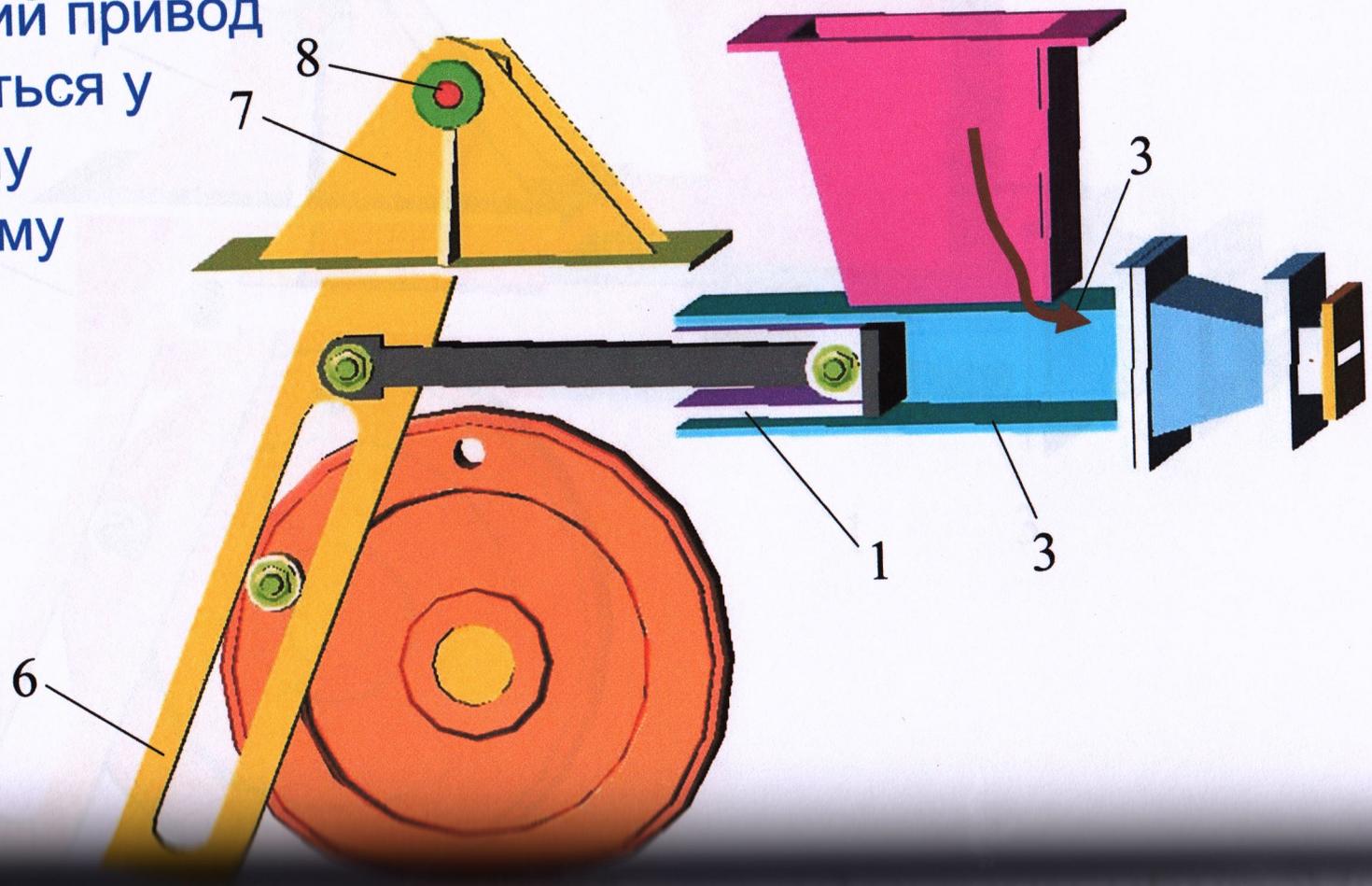
Відомими є поршневі екструдери з гідравлічним приводом, які, однак, є відносно складними і коштовними.

Нами запропоновано застосувати механічний кривошипно-

кулісний привод.

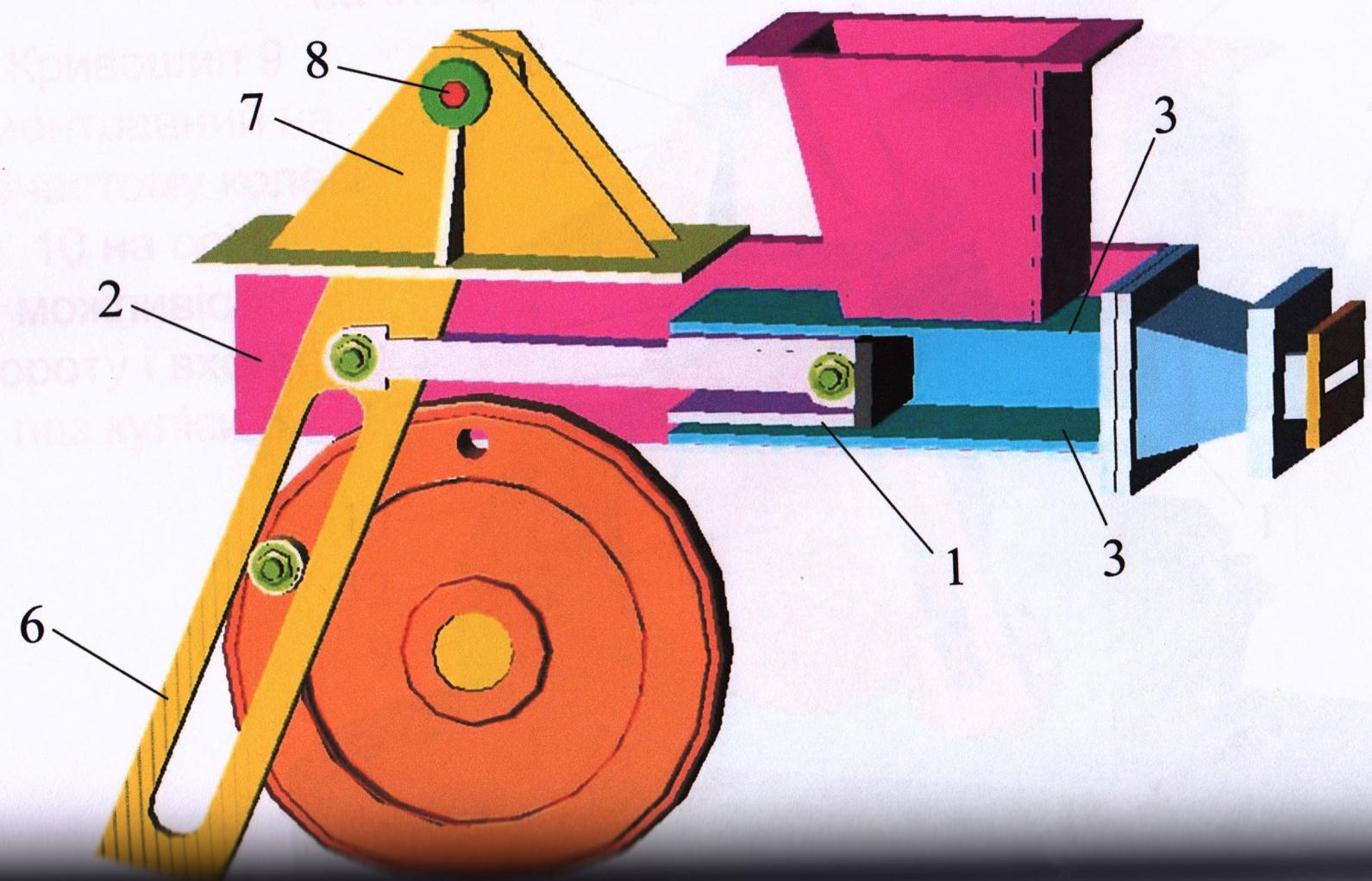
У приводі нами застосовано кривошипно-кулісний механізм, який забезпечує швидкість холостого ходу (коли майже немає навантажень) набагато більшу, ніж швидкість робочого. При цьому зусилля робочого ходу є набагато більшим, ніж холостого

Дещо схожий привод застосовується у механічному строгальному верстаті



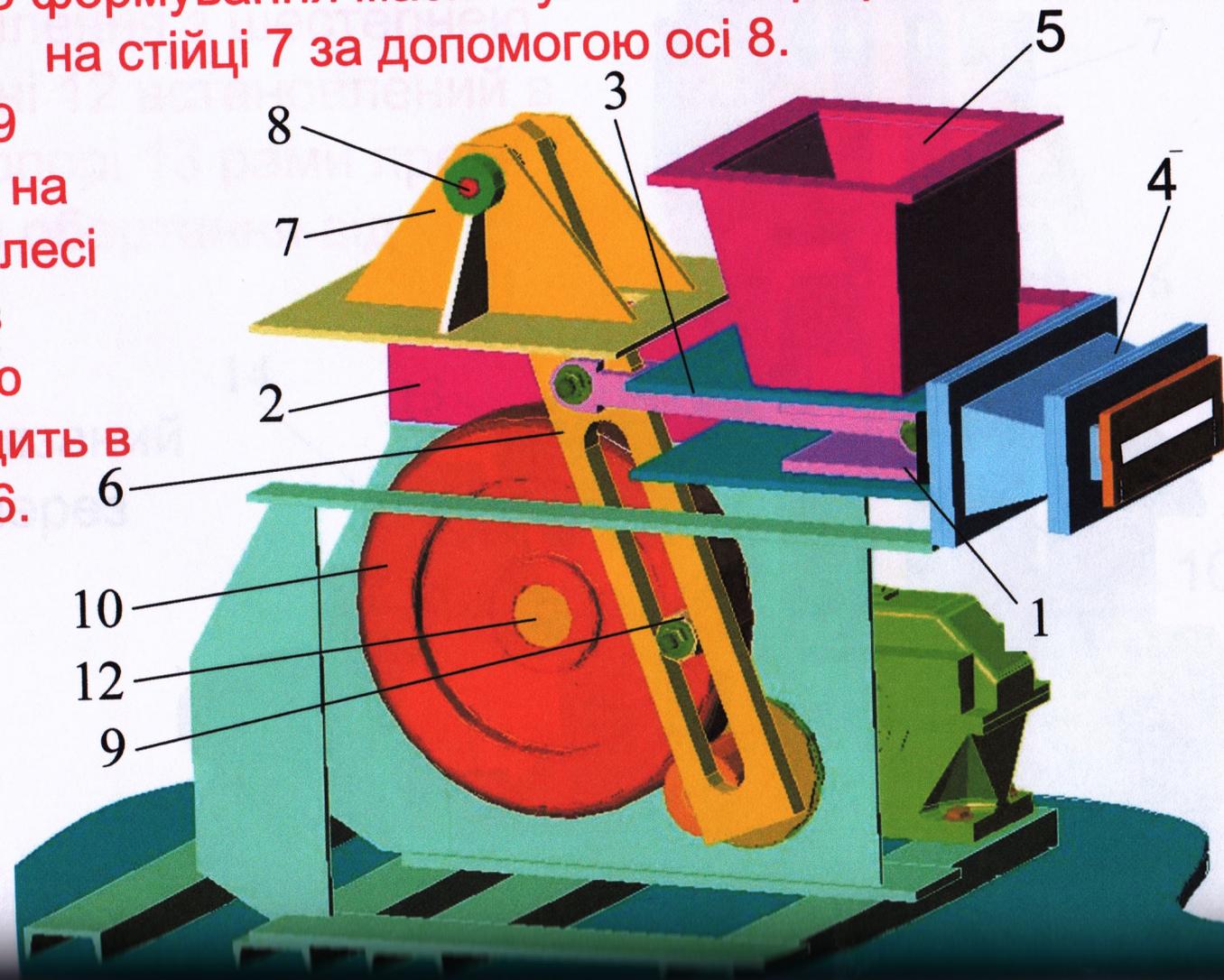
У нашій конструкції поршень 1 пересувається зворотно-поступально в камері, утвореній двома бічними швелерами 2 і стінками 3 (верхньою і нижньою).

8



До виходу камери прифланцьовано пресову головку 4, до якої кріпиться мундштук (фільтр) 9. До завантажувальної частини камери прикріплено бункер 5 для завантаження в камеру попередньо підготовленої до формування маси. Куліса 6 шарнірно закріплена на стійці 7 за допомогою осі 8.

Кривошип 9 змонтований на зубчастому колесі 10 на осі з можливістю повороту і входить в паз куліси 6.

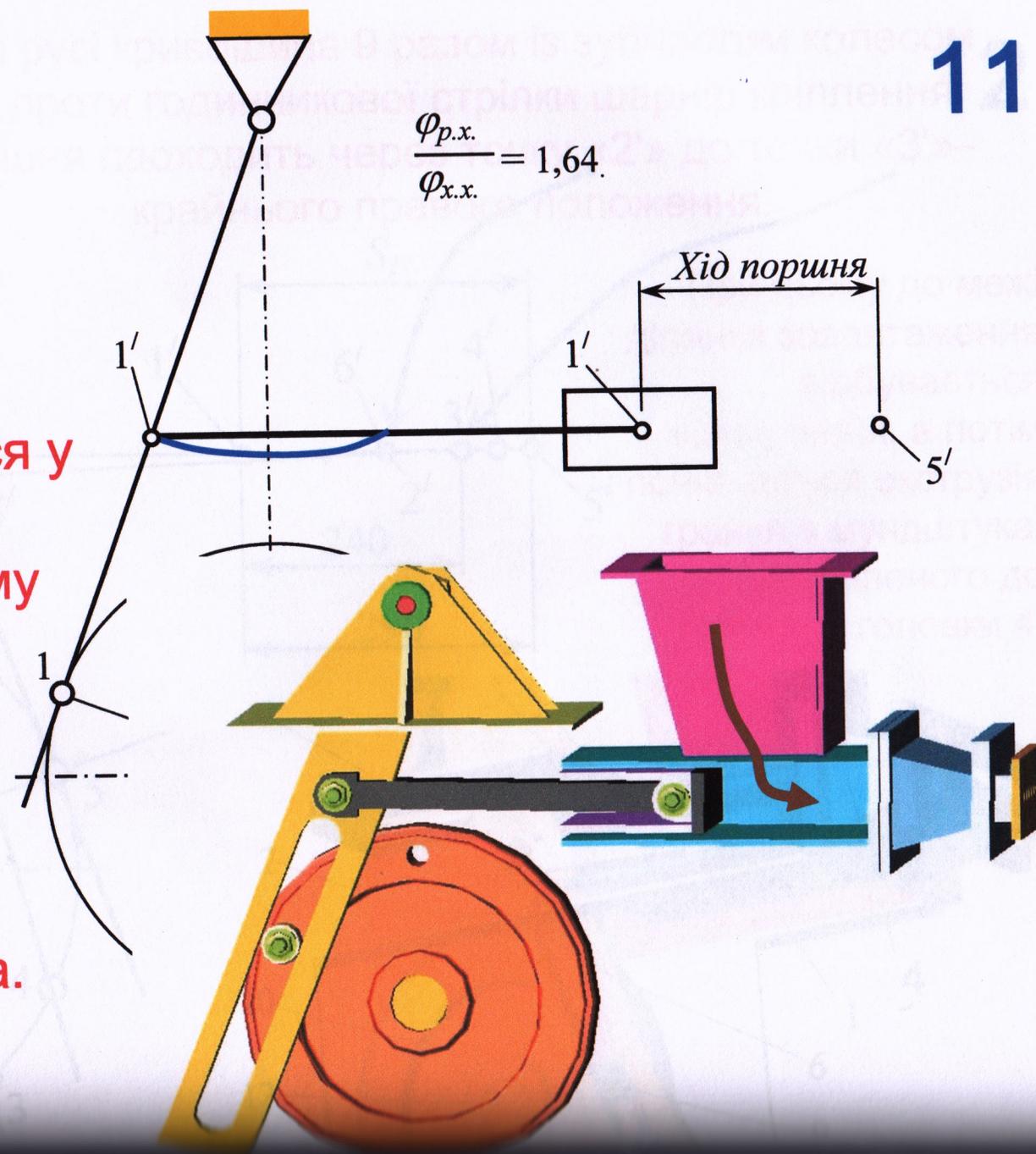


Зубчасте колесо 10 консольно встановлено на осі, змонтованій в підшипниковій опорі 11 рами преса, і входить в зачеплення з шестернею 12. Вал шестерні 12 встановлений в підшипниковій опорі 13 рами преса і приводиться до обертання від редуктора 14 через муфту 15.

Редуктор 14 зв'язаний з двигуном 16 через клинопасову передачу.

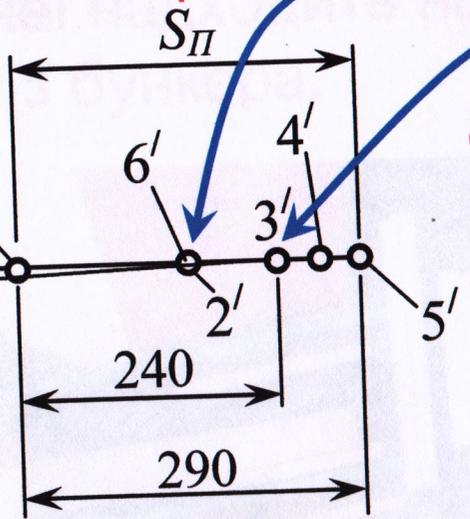
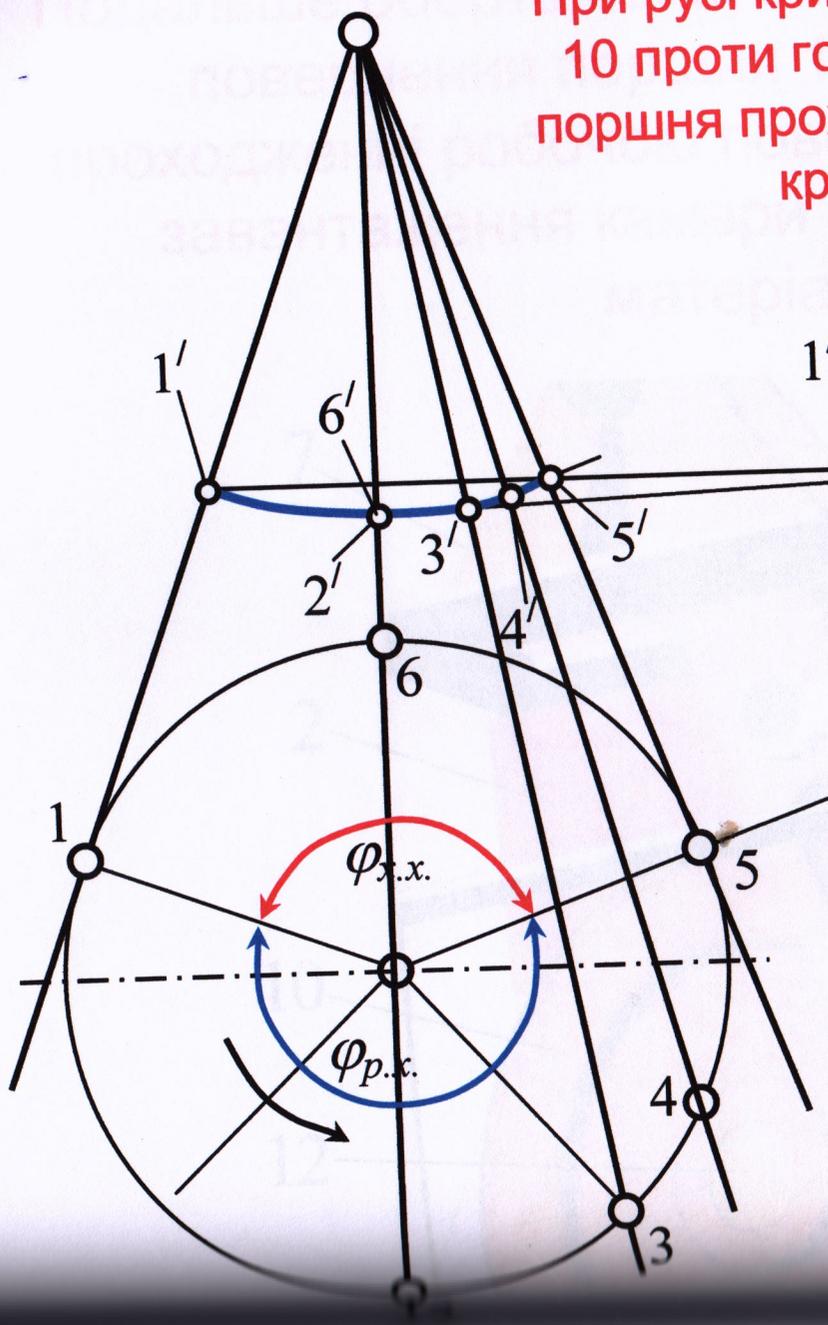


Прес працює таким чином. В положенні кривошипа «1», а поршень знаходиться у крайньому лівому положенні. При цьому завантажувальна частина камери пресування заповнюється матеріалом, що надходить з бункера.

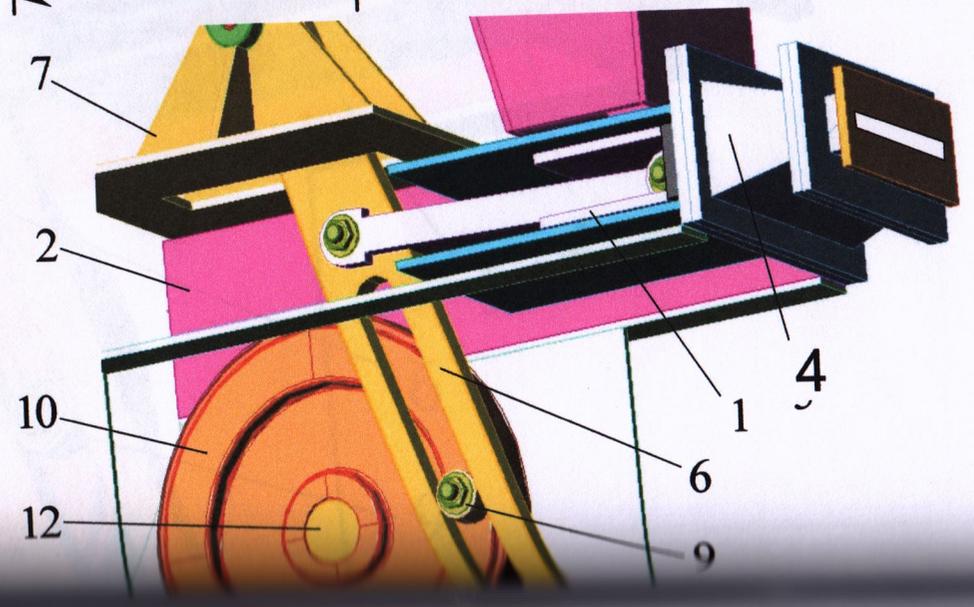


При русі кривошипа 9 разом із зубчастим колесом 10 проти годинникової стрілки шарнір кріплення поршня проходить через точку «2'» до точки «3'» – крайнього правого положення.

12

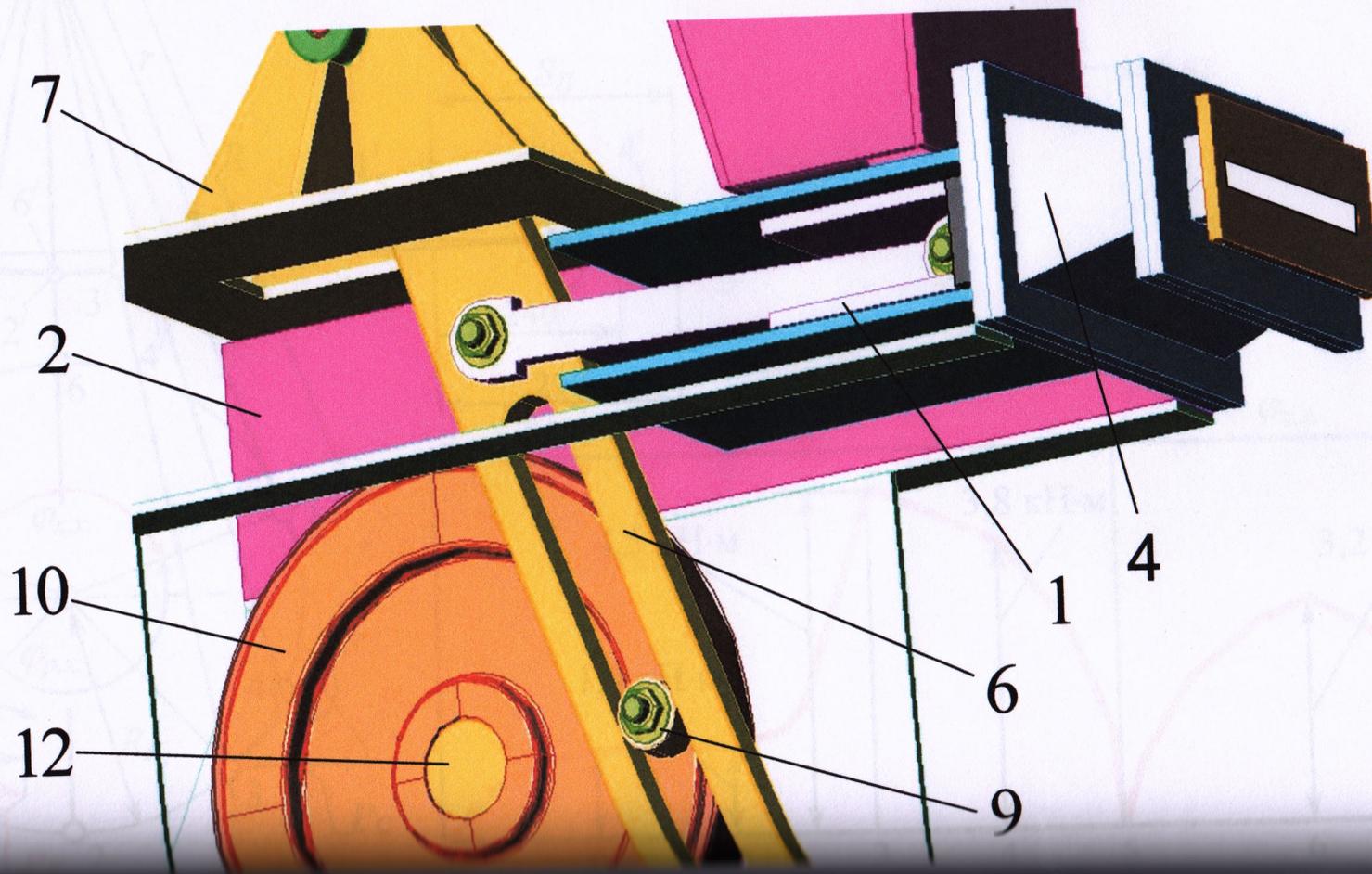


При цьому до межі ділянки завантаження відбувається ущільнення, а потім починається екструзія гранул з мундштука, прикріпленого до пресової головки 4.

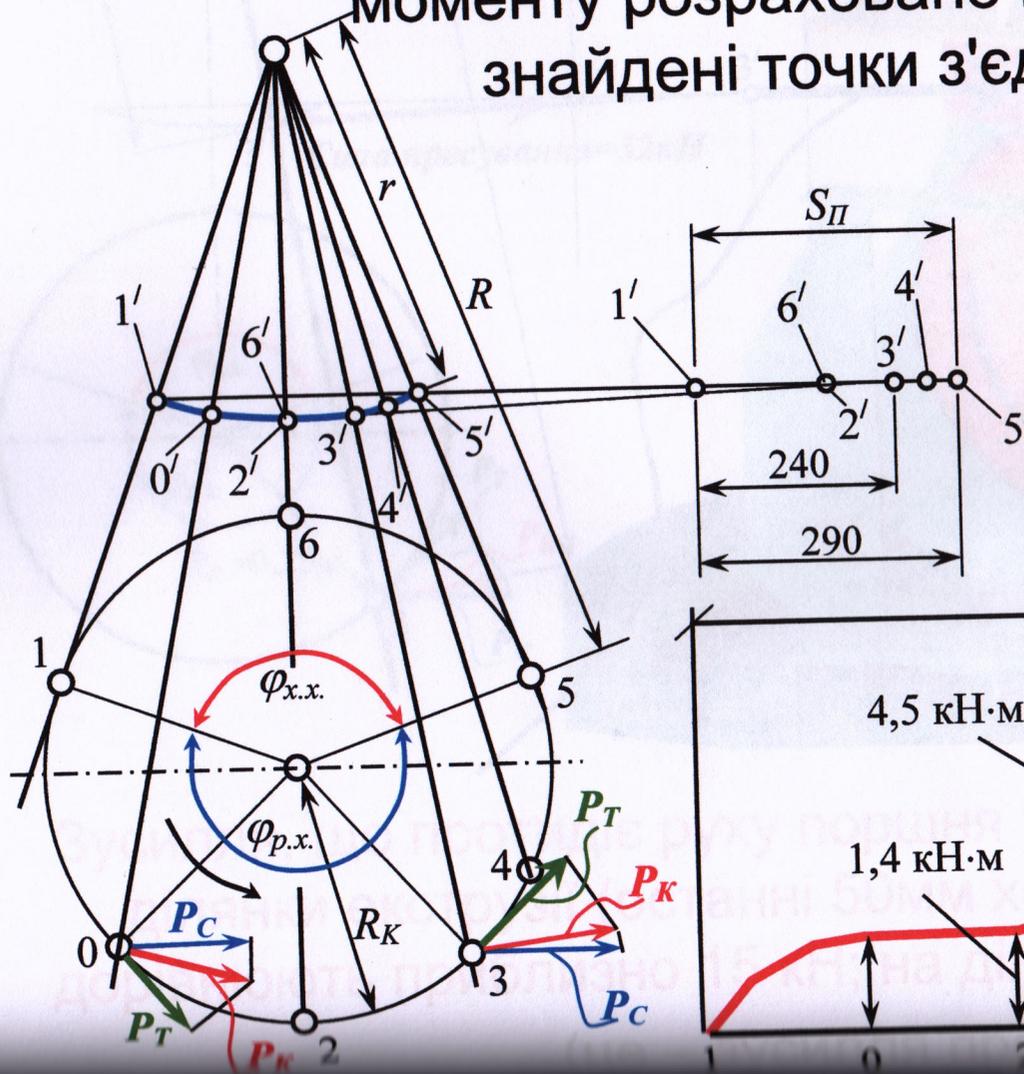


Подальше обертання зубчастого колеса 10 призводить до повернення поршня 1 у вихідне положення. При проходженні робочою поверхнею поршня 1 через ділянку завантаження камери в неї надходить нова порція матеріалу з бункера.

13

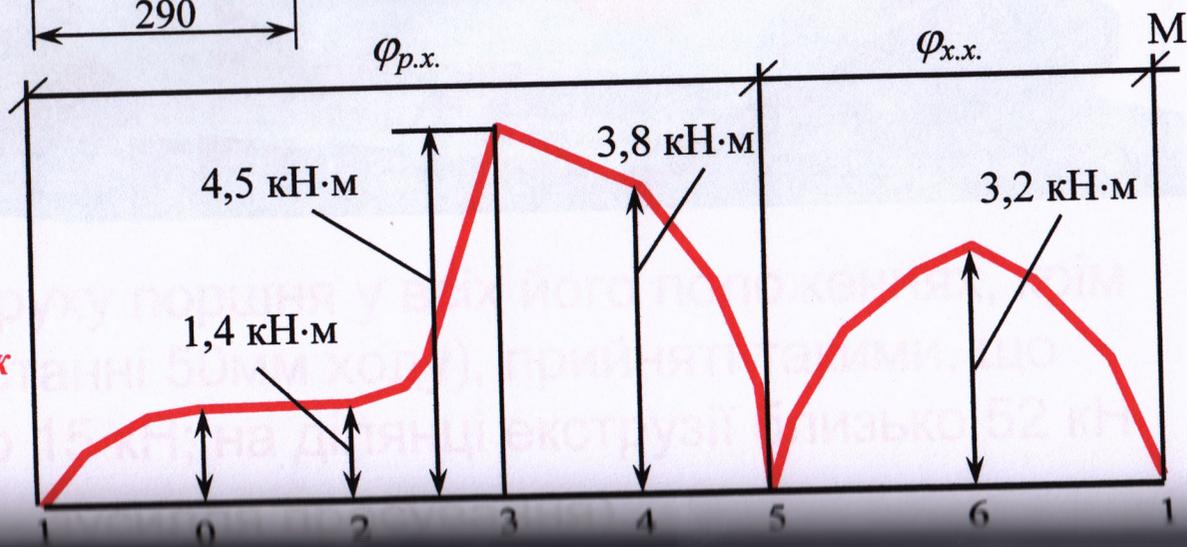


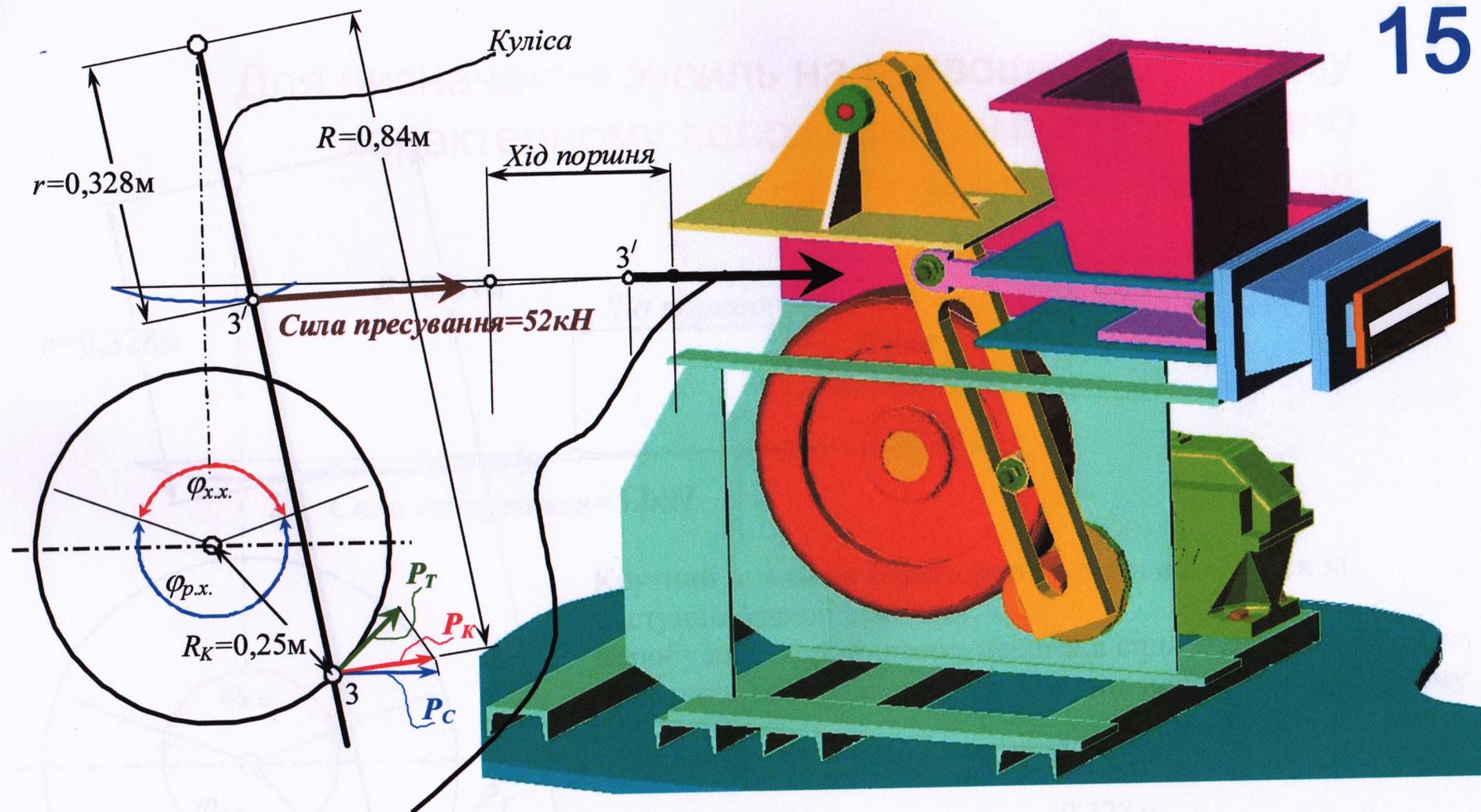
При конструюванні преса дуже важливою є побудова діаграма моменту кручення на валу кривошипа. Нами для її побудови застосовано графоаналітичний метод. Значення крутного моменту розраховано в характерних положеннях, знайдені точки з'єднані між собою у діаграму.



$$\frac{\varphi_{p.x.}}{\varphi_{x.x.}} = 1,64.$$

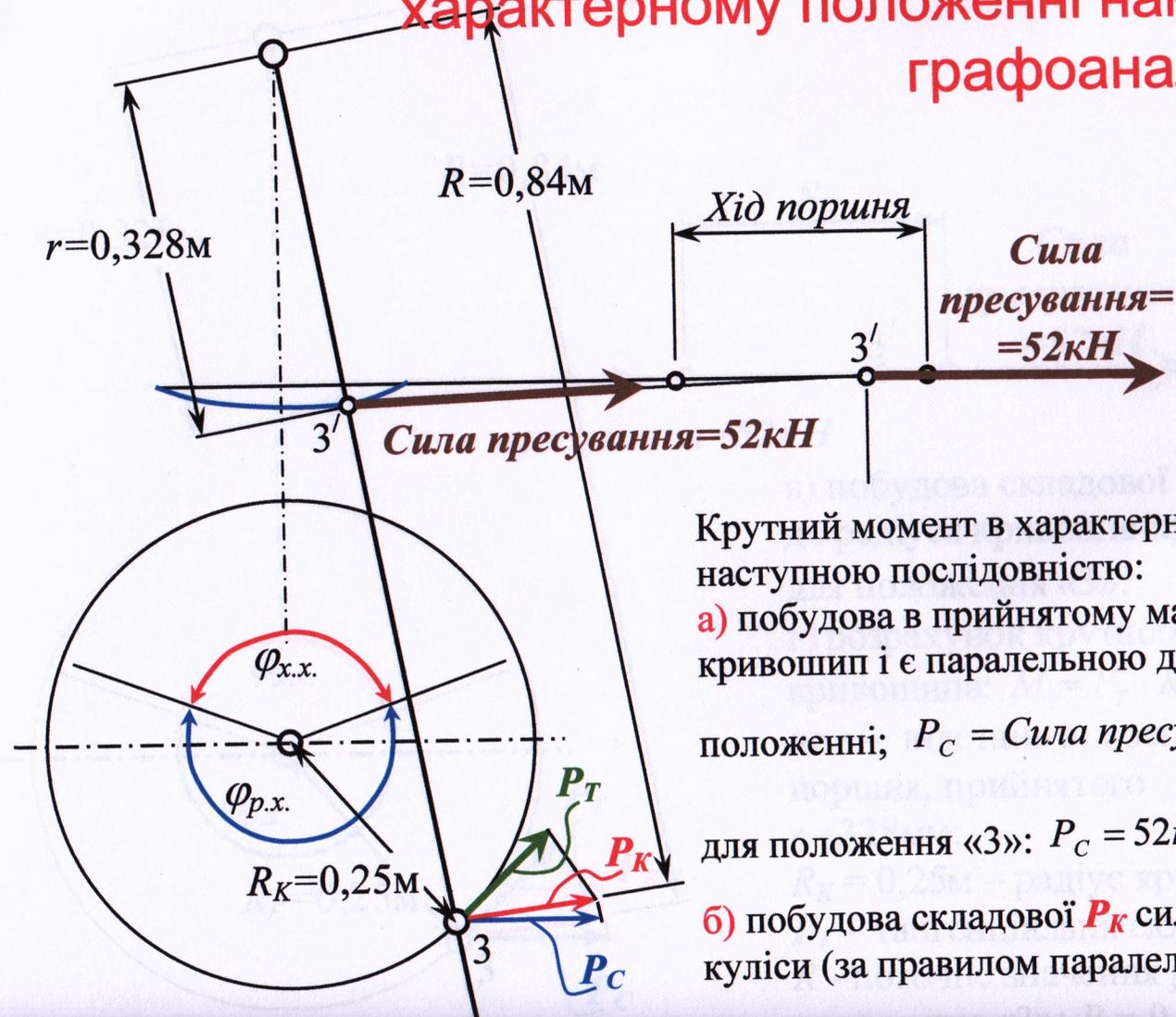
14





Зусилля, що протидіє руху поршня у всіх його положеннях, крім ділянки екструзії (останні 50мм ходу), прийняті такими, що дорівнюють приблизно 15 кН; на ділянці екструзії близько 52 кН (це – зусилля пресування).

Для визначення зусиль на кривошипі у кожному характерному положенні нами застосовано графоаналітичний метод



Крутний момент в характерних точках визначався за наступною послідовністю:

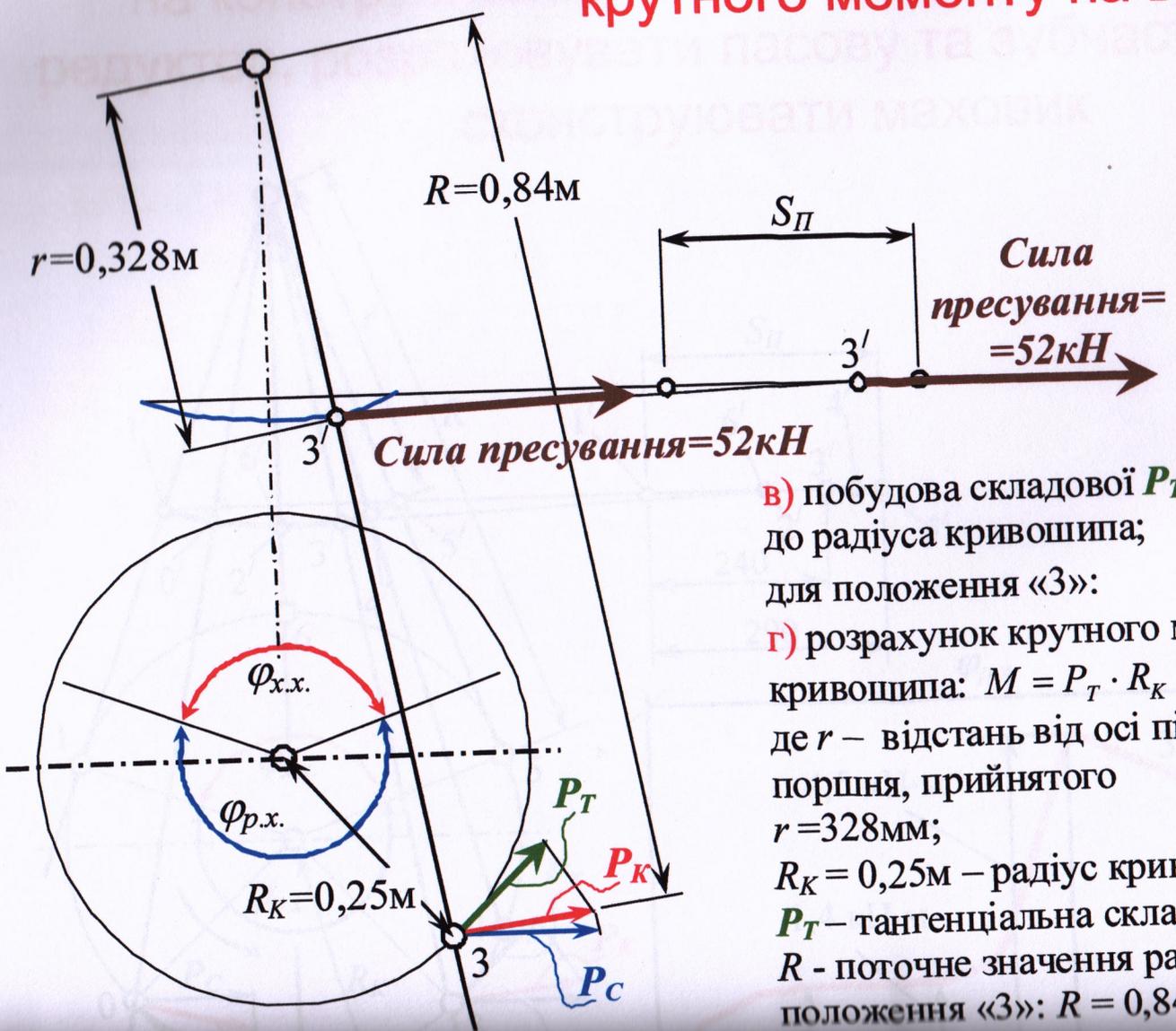
а) побудова в прийнятому масштабі сили опору P_C , яка діє на кривошип і є паралельною до шатуна поршня в конкретному

положенні; $P_C = \text{Сила пресування} \cdot \frac{r}{R}$;

для положення «3»: $P_C = 52\text{kN} \cdot \frac{0,328\text{m}}{0,84\text{m}} = 20,35\text{kN}$.

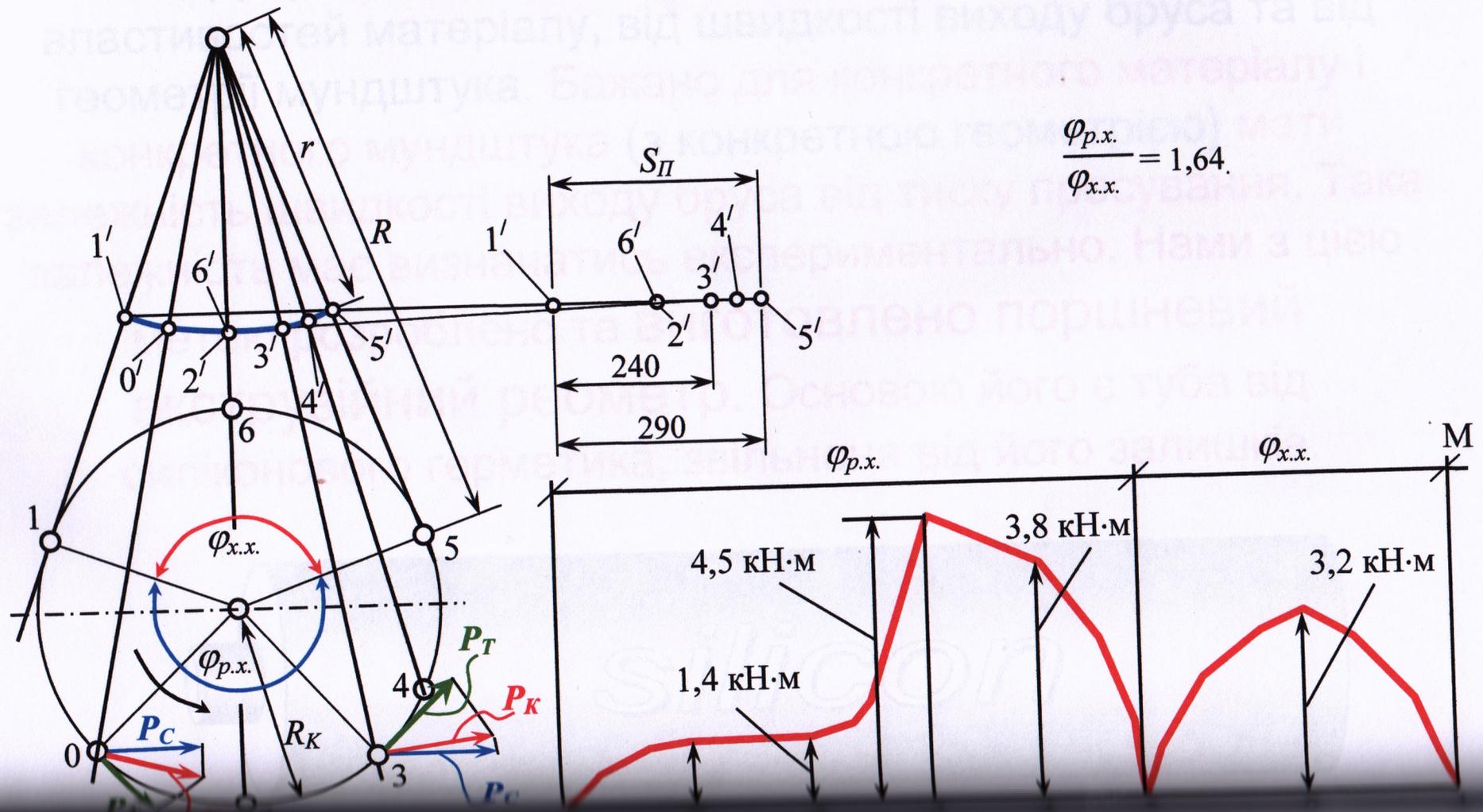
б) побудова складової P_K сили P_C , яка є перпендикулярною до куліси (за правилом паралелограма);

Тут – послідовність визначення зусилля на кривошипі та крутного моменту на валу кривошипа



- в) побудова складової P_T , яка є перпендикулярною до радіуса кривошипа; для положення «3»: $P_T = 18\text{кН}$.
- г) розрахунок крутного моменту на валу кривошипа: $M = P_T \cdot R_K = 18\text{кН} \cdot 0,25\text{м} = 4,5\text{кН} \cdot \text{м}$, де r – відстань від осі підвісу куліси до лінії руху поршня, прийнятого $r = 328\text{мм}$;
- $R_K = 0,25\text{м}$ – радіус кривошипа, мм;
- P_T – тангенціальна складова сили опору, Н;
- R – поточне значення радіуса куліси, мм; для положення «3»: $R = 0,84\text{м}$.

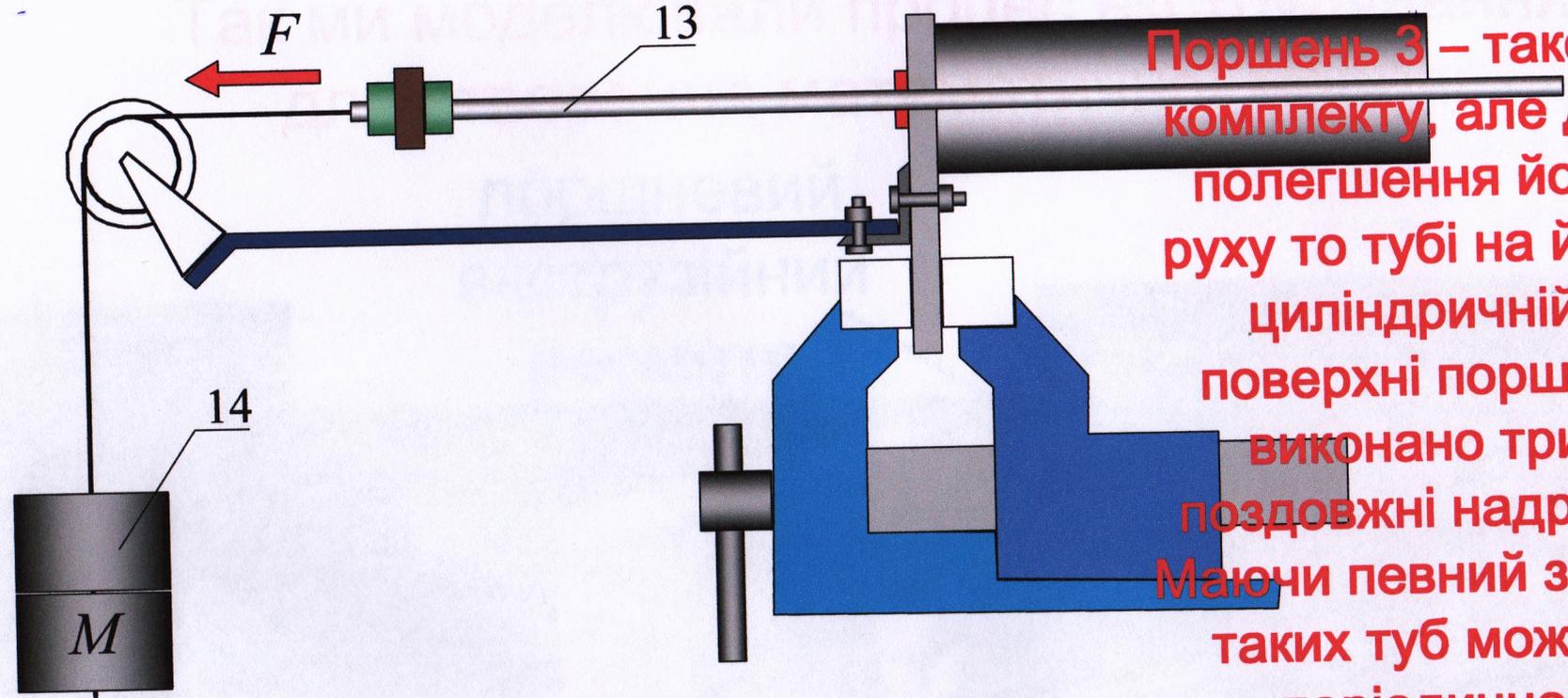
Отримана діаграма дозволить визначити навантаження на конструктивних елементах, вибрати двигун, редуктор, розраховувати пасову та зубчасту передачу, сконструювати маховик



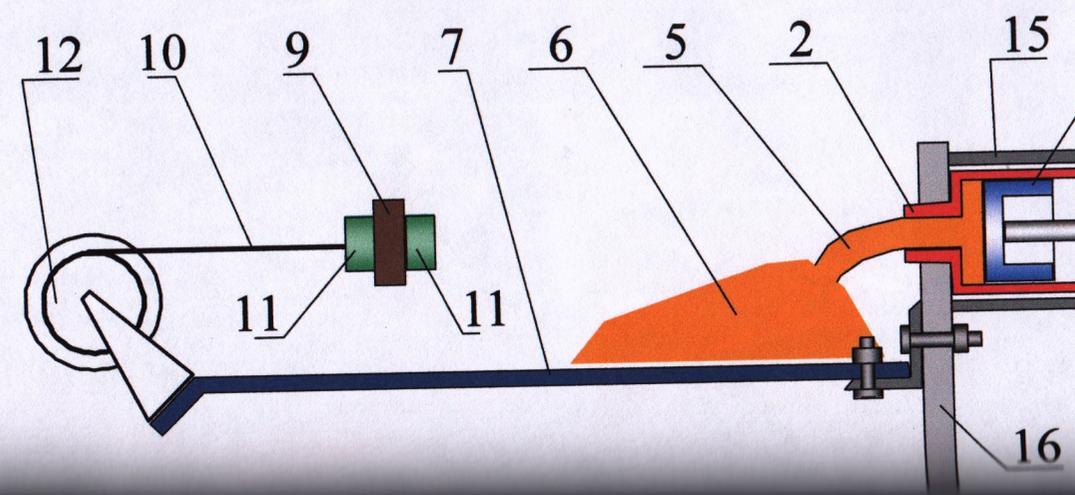
Згадаємо, що для побудови цієї діаграми ми прийняли зусилля такими, що на ділянці екструзії дорівнюють 52 кН, а на всіх інших ділянках 15 кН. В реальному обладнанні зусилля екструдювання (і тиск у матеріалі) дуже залежить від властивостей матеріалу, від швидкості виходу бруса та від геометрії мундштука. **Бажано для конкретного матеріалу і конкретного мундштука (з конкретною геометрією) мати залежність швидкості виходу бруса від тиску пресування. Така залежність має визначатись експериментально. Нами з цією метою розроблено та виготовлено поршневий екструзійний реометр. Основою його є туба від силіконового герметика, звільнена від його залишків.**

20
19





Поршень 3 – також з комплекту, але для полегшення його руху то тубі на його циліндричній поверхні поршня виконано три поздовжні надрізи. Маючи певний запас таких туб можна періодично замінювати зношену на нову (зношення відбувається через тертя частинок матеріалу по поверхнях туби та поршня).



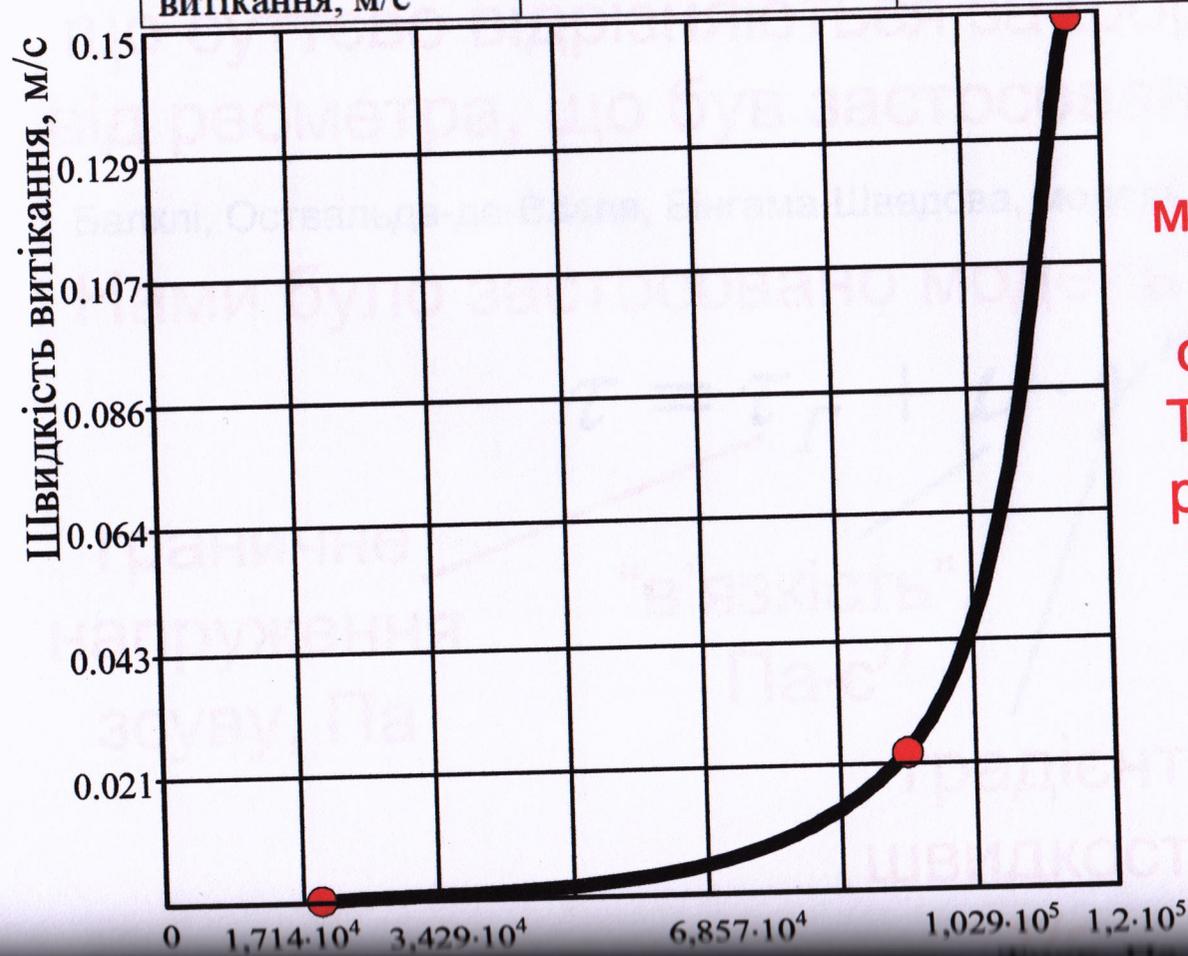
Так ми моделювали процес екструдювання **21**
для створення математичної моделі

поршневий
екструзійний
реометр



Приклад дослідження зразка пластичного матеріалу – у таблиці.

	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Тиск, Па	20000	93880	115545
Швидкість витікання, м/с	0	0,023	0,148



Однак результати в такому вигляді не можливо апроксимувати на екструзійні робочі органи іншої геометрії. Тому треба пов'язати ці результати з розмірами каналу мундштука (H і L). Для цього ми застосували градієнт швидкості γ_i

напруження зсуву τ .

Реологічні моделі дозволяють описати рух матеріалу кількома параметрами, застосовуючи які можна визначати зв'язки кінематичних і динамічних характеристик обладнання з робочими органами, що суттєво відрізняються за формою і розмірами від реометра, що був застосований.

Відомі моделі Гершеля-Балклі, Оствальда-де-Вааля, Бінгама-Шведова, модель Ньютонівської рідини та інші.

Нами було застосовано модель Гершеля-Балклі:

$$\tau = \tau_G + \mu \cdot \dot{\gamma}^n$$

граничне
напруження
зсуву, Па

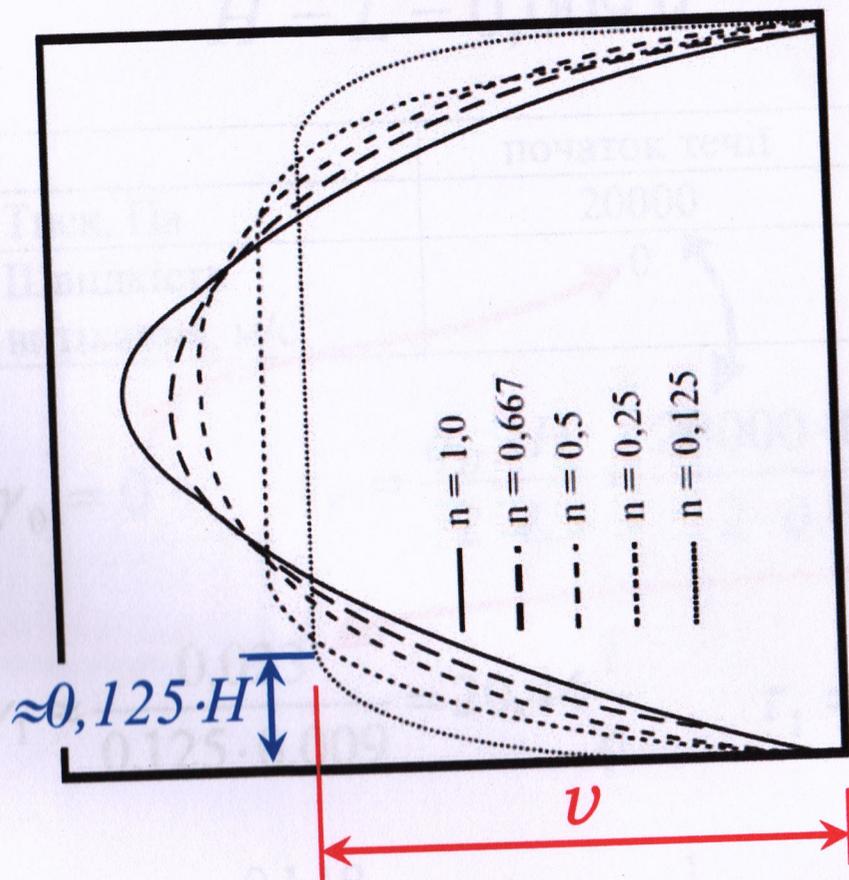
“в'язкість”,
Па·сⁿ

градієнт
швидкості,
1/с

індекс течії,
безрозмірний;
будемо
застосовувати
 $n = 0,125$

Форма епюри швидкості руху матеріалу вздовж каналу може бути різною; це залежить від властивостей матеріалу і відрізняється індексом течії « n »

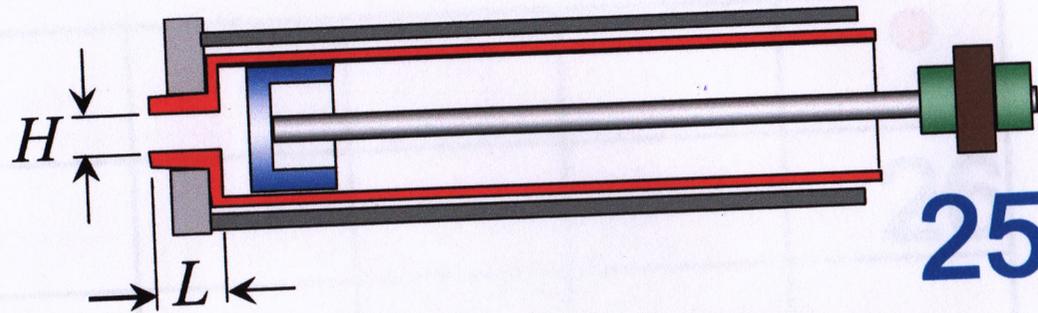
24



Ядро течії може випереджувати потік (коли $n = 1,0$), або ж ядро течії може утворювати широкий фронт і потік майже по всьому перерізу рухається майже з однаковою швидкістю (коли $n = 0,125$). Різні за консистенцією матеріали характеризуються певним (своїм) значенням n .

Напруження зсуву $\tau = \frac{q \cdot H}{2 \cdot L}$
 розраховується так:

$$H = L = 0,009 \text{ м}$$



25

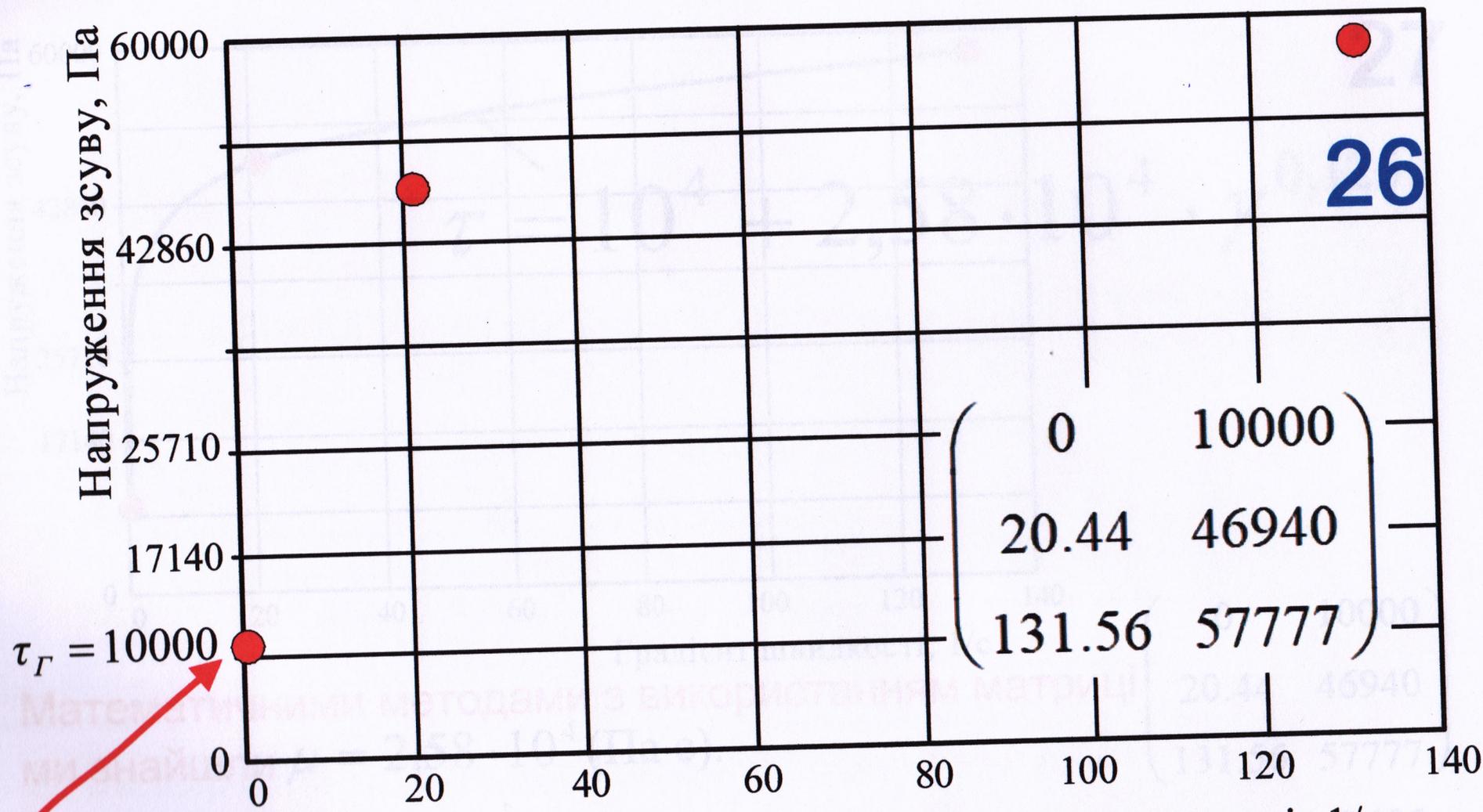
	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Тиск, Па	20000	93880	115545
Швидкість витікання, м/с	0	0,023	0,148

$$\gamma_0 = 0 \quad \tau_{\Gamma} = \frac{q_{\Pi} \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{20000 \cdot 0,009}{2 \cdot 0,009} = 10000 \text{ Па}$$

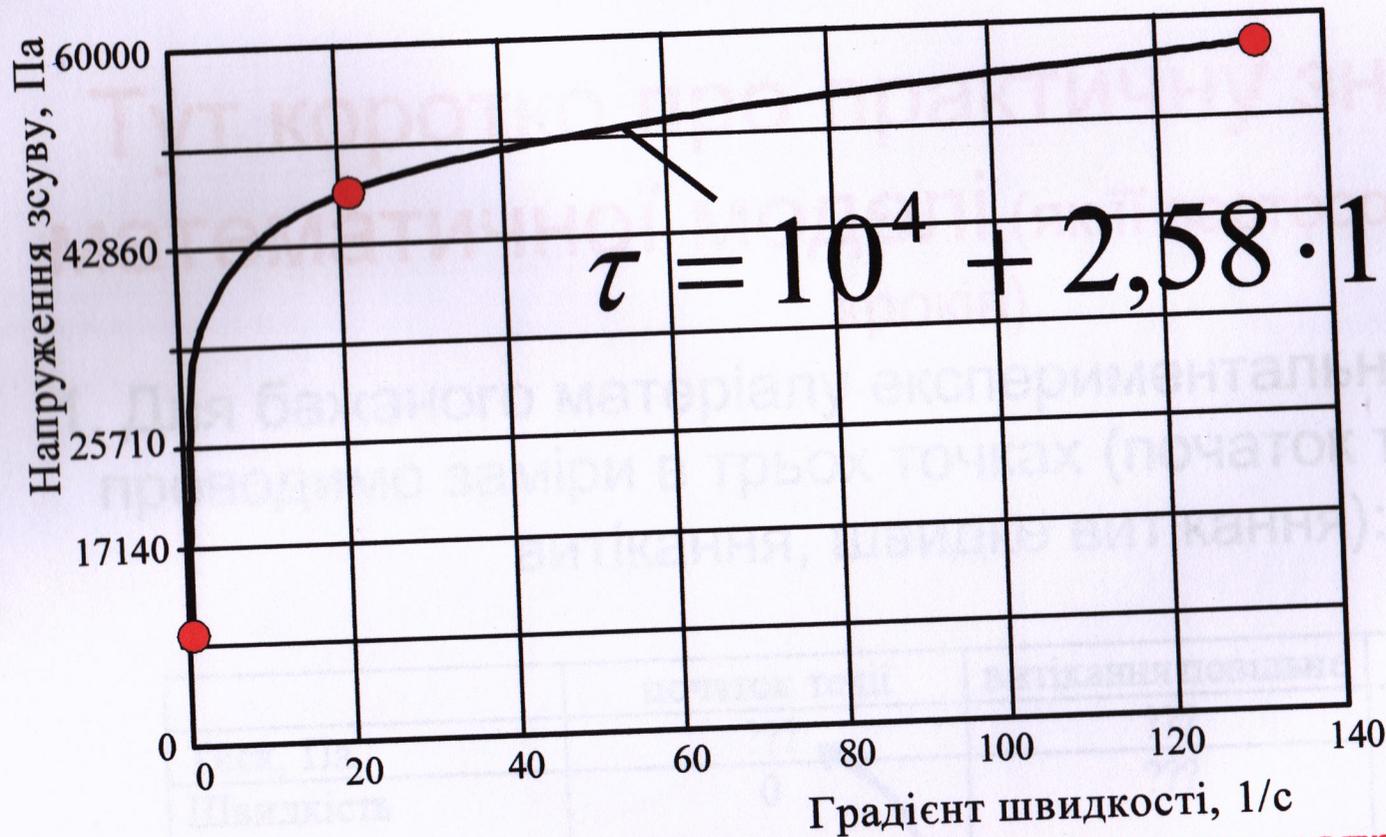
$$\gamma_1 \approx \frac{0,023}{0,125 \cdot 0,009} = 20,44 \frac{1}{\text{с}} \quad \tau_1 = \frac{q_1 \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{93880}{2} = 46940 \text{ Па}$$

$$\gamma_2 \approx \frac{0,148}{0,125 \cdot 0,009} = 131,56 \frac{1}{\text{с}} \quad \tau_2 = \frac{q_2 \cdot H}{2 \cdot L} = \frac{115545}{2} = 57777 \text{ Па}$$

0	10000
20.44	46940



Індекс течії ми прийняли $n = 0,125$; граничне напруження зсуву (при якому лише починається витікання матеріалу з мундштука) 10000Па ; отже розв'язання задачі полягає



Математичними методами з використанням матриці ми знайшли $\mu = 2,58 \cdot 10^4$ (Па·с).

$$\begin{pmatrix} 0 & 10000 \\ 20.44 & 46940 \\ 131.56 & 57777 \end{pmatrix}$$

!!! Отже, модель виглядає так: $\tau = 10^4 + 2,58 \cdot 10^4 \cdot \gamma^{0,125}$
 для розглянутого нами матеріалу. Важливо зазначити, що якщо б ми
 сильно помилились з призначенням величини n (наприклад, взяли б його
 не 0,125, а, наприклад, 0,25, то графік такої моделі ні при яких значеннях
 не "піг" би на точки

Тут коротко про практичну значимість математичної моделі (як її застосовувати; десять кроків).

- Для бажаного матеріалу експериментально (на реометрі) проводимо заміри в трьох точках (початок течії, повільне витікання, швидке витікання):

	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Тиск, Па	???	???	???
Швидкість витікання, м/с	0	???	???

- За картиною швидкостей і за формою гранул призначаємо величину "n" (напр., 0,125)

- Розраховуємо $\tau_{\text{граничне}}$:
$$\tau_{\Gamma} = \frac{q_{\text{п}} \cdot H}{2 \cdot L}, \text{Па}$$

	початок течії	витікання повільне	витікання швидке
Тиск, Па	???	???	???
Швидкість витікання, м/с	0	???	???

4. Розраховуємо

$$\gamma_0 = 0$$

$$\gamma_1 = \frac{dv}{dh} \approx \frac{v_1}{0,125 \cdot H}$$

$$\gamma_2 = \frac{dv}{dh} \approx \frac{v_2}{0,125 \cdot H}$$

$$\tau_1 = \frac{q_1 \cdot H}{2 \cdot L}$$

$$\tau_2 = \frac{q_2 \cdot H}{2 \cdot L}$$

5. Для відомих "n" та " $\tau_{\text{граничне}}$ ", використовуючи відповідності $\left(\begin{array}{cc} \gamma_0 & \tau_{\Gamma} \\ \gamma_1 & \tau_1 \end{array} \right)$ визначаємо μ (Па·с)

6. Тепер ми маємо модель Гершеля-Балклі: $\tau = \tau_{\Gamma} + \mu \cdot \gamma^n$

7. Для бажаних швидкості та висоти каналу визначаємо градієнт швидкості: $\gamma = \frac{dv}{dh} \approx \frac{v}{n \cdot H}$

8. Підставляємо знайдене значення γ в модель і знаходимо τ для конкретних (вибраних нами, бажаних) мундштука, матеріалу і швидкості.

9. Знаходимо тиск у матеріалі:

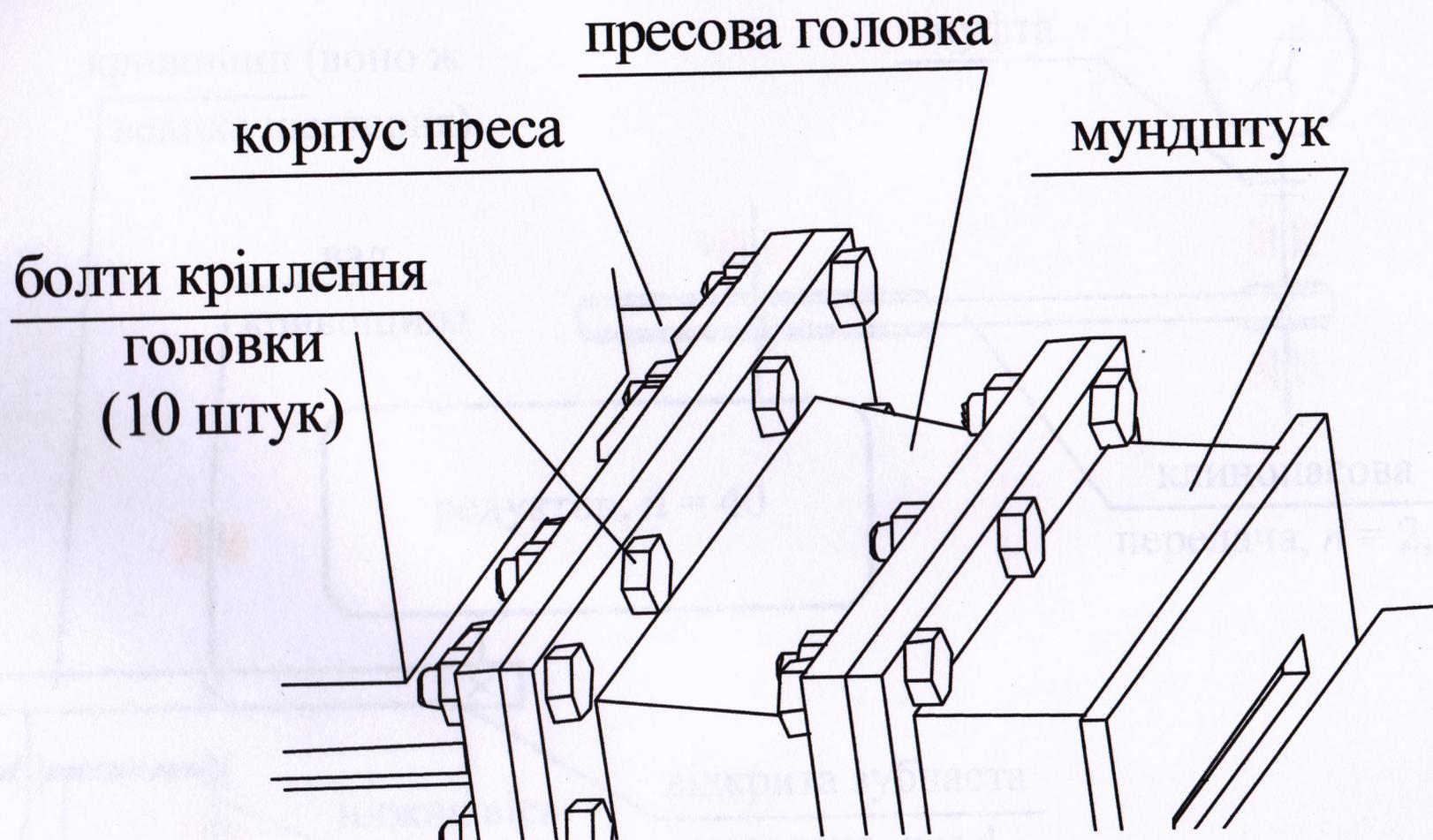
$$q = \frac{2 \cdot \tau \cdot L}{H}$$

10. Знаходимо зусилля пресування (тут S – площа поршня)

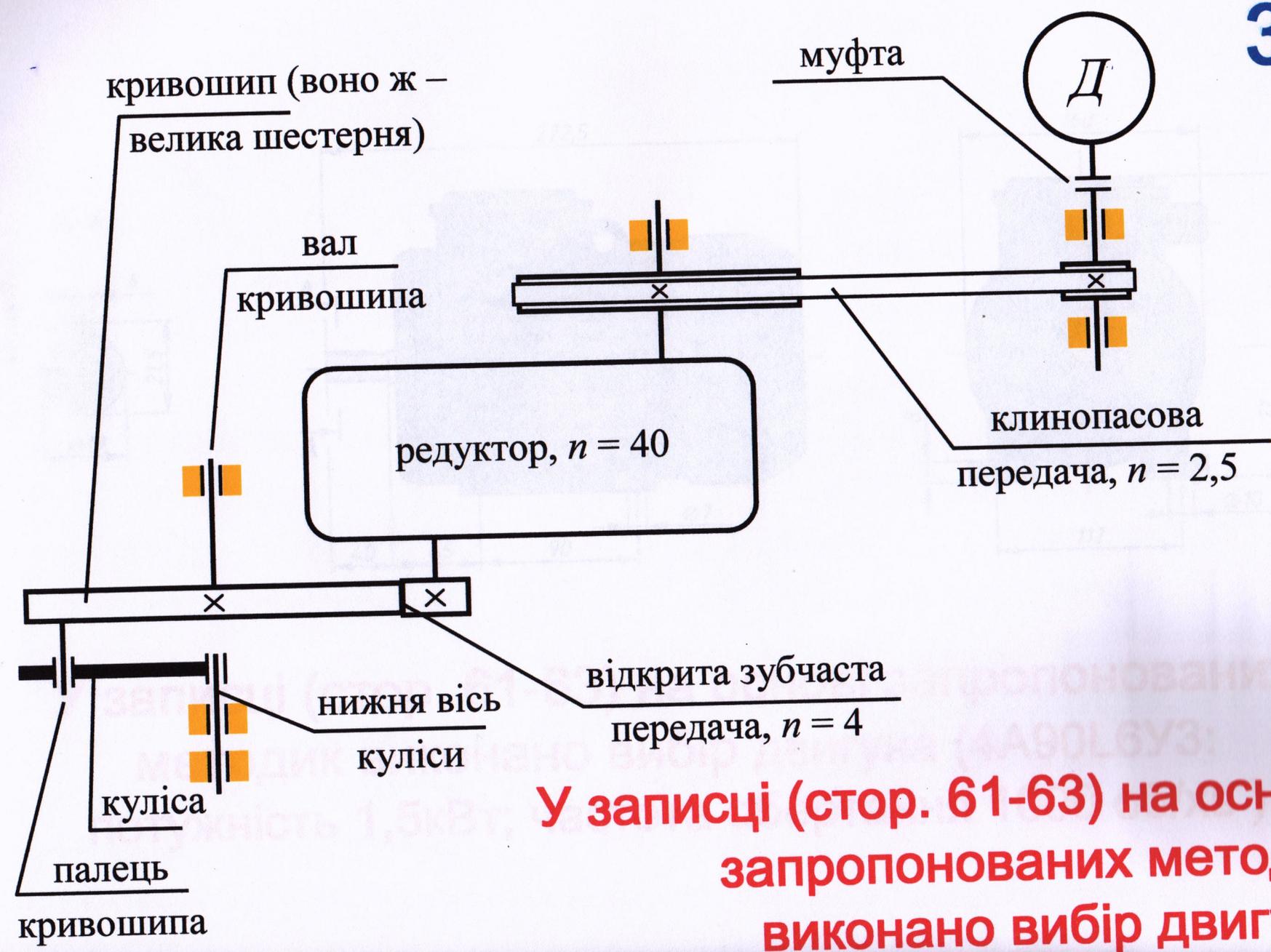
$$F = q \cdot S$$

У записці (стор. 54-58) наведено приклад застосування методики моделювання і розрахунок зусилля пресування для конкретної глини.

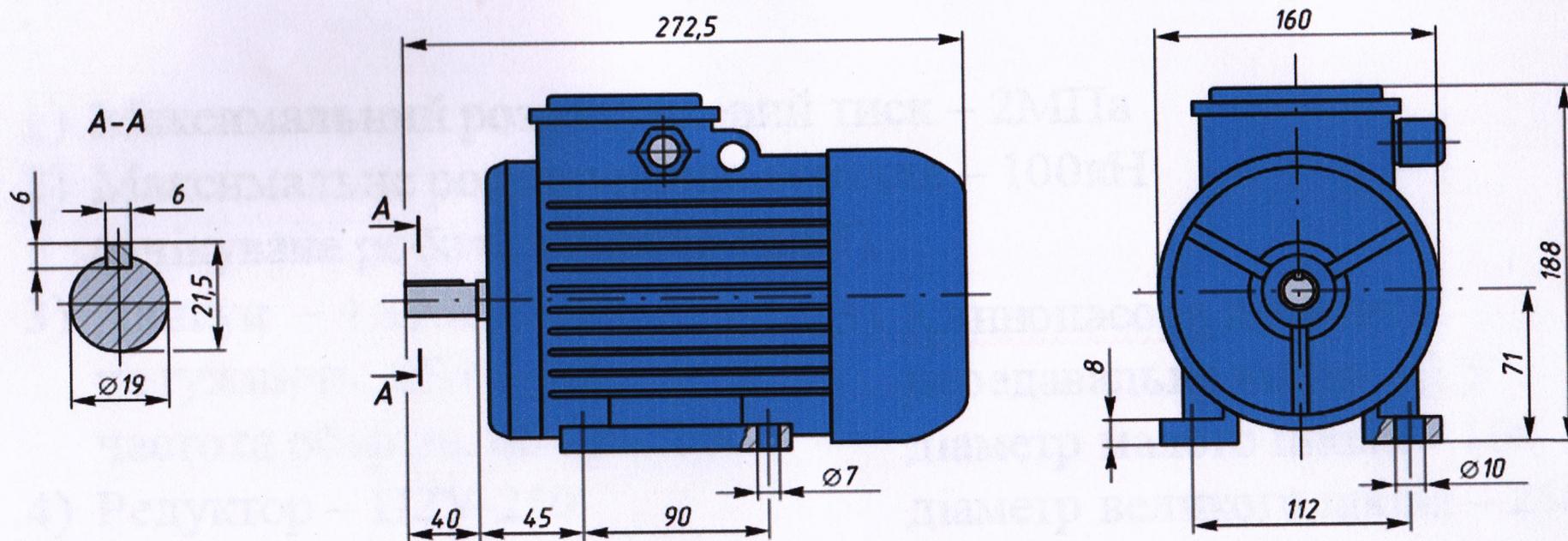
$$F = 63900 \text{ Н}$$



У записці (стор. 59-60) виконано розрахунок болтів для закріплення пресової головки. Вибрано болти M14×50, клас міцності 10,9



У записці (стор. 61-63) на основі запропонованих методик виконано вибір двигуна



У записці (стор. 61-63) на основі запропонованих методик виконано вибір двигуна (4A90L6У3: потужність 1,5кВт; частота обертання 1000 об/хв)

Характеристики преса

- 1) Максимальний розрахунковий тиск – 2МПа
- 2) Максимальне розрахункове зусилля – 100кН
(очікуване робоче зусилля 52кН).
- 3) Двигун – 4А90L6У3:
потужність, кВт – 1,5
частота обертів, об/хв – 1000
- 4) Редуктор – Ц2У-250
передавальне число – 40
- 5) Клинопасова передача
передавальне число – 2,5
діаметр малого шківа – 100
діаметр великого шківа – 250
- 6) Зубчаста передача:
модуль, мм – 10
число зубів шестерні – 17
число зубів колеса – 68
передавальне число – 4
діаметри ділільних кіл, мм
колеса – 680
шестерні – 170

При такому двигуні і таких передаточних числах ми отримали 2,5 циклів (ходів поршня) за хвилину.
Продуктивність близько 0,45 кубометрів за годину.



За результатами дослідження була підготована наукова робота, яка отримала призове місце на Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт у 2023 році

Висновки

1. Проведено аналіз обладнання, що використовується для формування керамічної цегли, фігурних стінових виробів та черепиці.
2. Розглянуто конструкцію надійного і з невеликими енерговитратами преса відносно простої конструкції – поршневого кривошипно-кулісного преса для виробництва будівельної кераміки малими партіями. Прес може встановлюватись на діючому заводі з виробництва керамічної цегли екструзійного пресування додатково до шнекового стрічкового преса.
3. Досліджено кулісний механізм, який забезпечує змінну швидкість ходу поршня – велику швидкість та мале зусилля на початку циклу пресування та маленьку швидкість і велике зусилля в кінці ходу пресування, саме коли це необхідно.

продовження



4. Розрахунково-графічним методом побудовано діаграму залежності крутного моменту на кривошипі по куту його повороту, яка є необхідною для вибору двигуна, вибору маховика і конструювання привода.
5. Розглянуто можливість експериментально визначати реологічні характеристики в'язкопластичних суцільних середовищ, що застосовуються у технічних галузях, за допомогою поршневого реометра, у складі якого є пластикова туба від будівельного силікону. Як приклад виконано дослідження реологічних характеристик гіпсового будівельного розчину.
6. Реологічні властивості досліджуваних матеріалів запропоновано визначати, застосовуючи модель Гершеля-Балклі як математичну модель суцільного середовища.

продовження



7. Запропоновано у моделі Гершеля-Балклі індекс течії призначати виходячи з форми гранули, що виходить з мундштука поршневого реометра, що дозволяє суттєво спростити визначення градієнта швидкості руху потоку.
8. Розглянуто методику визначення конструктивних характеристик пресу на основі запропонованого методу побудови моделі Гершеля-Балклі та виконано приклад такого розрахунку.
9. На основі визначеного тиску пресування та діаграми крутного моменту виконано конструктивний розрахунок болтів кріплення пресової головки та вибір двигуна привода преса.

Дякую за увагу!

