



НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

Металургійний факультет

Кафедра металургії сталі

ДИСПЕРГУВАННЯ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 136 «Металургія»

Освітньо-професійна програма: «Металургійні процеси одержання та обробки металів та сплавів»

Професійне спрямування: Металургія сталі (МЕ02)

Статус: Нормативна дисципліна професійної підготовки

Форма навчання: Денна

Семестровий контроль: Екзамен

Курс та семестр вивчення:

Курс та семестр вивчення:

Курс	I
Семестр	III та IV чверті
ECTS	3
Годин	90

Обсяг дисципліни у кредитах ECTS та годинах:

Розподіл годин:

Аудиторні години			Самостійна робота
Лекції	Практичні	Лабораторні	
III чверть			
24	8	-	36
1,4-8 тиждень	2,3 тиждень	-	
IV чверть			
-	8	-	14
-	2,4,6,8 тиждень	-	
Консультації			
Очні консультації проводяться лектором та асистентом (по два раз на тиждень (1 година)) протягом навчальної чверті у який викладається дисципліна. Інформація про розклад консультацій надається студентам на першому аудиторному занятті, також з нею можна ознайомитись на офіційній сторінці кафедри металургії сталі			

(<https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2030>)

Гарант освітньої програми

Металургійні процеси одержання
та обробки металів та сплавів

Л.В.Камкіна

«___»_____20... р.

Завідувач кафедри
металургії сталі

К.Г.Нізяєв

«___»_____20... р.

Інформація про викладача:

	Лекція	Практичні/лабораторні
ПІБ	Мамешин В.С.	Синегін Є.В.
Посада	доцент каф. металургії сталі	доцент каф. металургії сталі
Вчене звання	доцент	-
Науковий ступінь	к.т.н.	к.т.н.
Профіль викладача	https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2030/p-2/e255	https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2030/p-2/e2282
e-mail	Mameshin.V.S@gmail.com	kaf.stal@metal.nmetau.edu.ua

Анотація навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Диспергування в сталеплавильних системах» є формування у здобувача вищої освіти компетентностей у питаннях формування дисперсних систем та їх вплив на перебіг сталеплавильних процесів.

Місце навчальної дисципліни в програмі навчання

Набуті практичні навички та засвоєні теоретичні знання можна використовувати під виконання випускної кваліфікаційної роботи магістра.

Необхідні навички

1. Знання фізико-хімічних властивостей основних металургійних фаз (сталь, шлак, окисна фаза) у сталеплавильному виробництві;
2. Знання основних засад тепло- та масообміну у металургійних процесах;

3. Знання технологій виплавки, позапічної обробки та розливання сталі

Програмні результати навчання

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Диспергування в сталеплавильних системах» здобувачі вищої освіти зможуть продемонструвати такі результати навчання:

1. Співвідносити хімічний склад, структуру і властивості матеріалів металургійного виробництва.
2. Застосовувати набуті теоретичні знання в інженерній практиці відповідно до спеціалізації.
3. Аналізувати і вирішувати складні інженерні проблеми в металургії.
4. Вміти виконати розрахунки та аналіз результатів, дати оцінку отриманих результатів і прогнозувати подальші дослідження.
5. Пояснювати процеси, що відбуваються на основних етапах металургійного виробництва, відповідно до спеціалізації.
6. Пропонувати нові технічні рішення і застосовувати нові металургійні технології відповідно до спеціалізації.
7. Вміти на підставі аналізу оцінити техніко – економічні та інші наслідки використання цих результатів та розробити рекомендації, щодо вдосконалення технологічного процесу, показати можливі шляхи втілення результатів дослідження.

Перелік модулів , лекцій, практичних занять, та терміни виконання

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються студентам на першому занятті.

III чверть

Назва модулю	Вид занять	Термін виконання	Програмні результати навчання	Контрольний захід
1. Загальна класифікація дисперсних систем та умови їх утворення.	Лекція 1 та 2 (4 години). Введення. Класифікація дисперсних систем Причини утворення та розповсюдження дисперсних систем у природі та техніці. Класифікація дисперсних систем.	1 – тиждень	№1 №2	Поточний контроль шляхом усних опитувань студентів у ході навчальних занять
	Практичне заняття 1 (4 години). Визначення середнього розміру часток порошку змішаного гранулометричного складу Ознайомлення з методикою визначення середнього розміру часточок порошку необхідного для розрахунку процесів тепло- і масообміну.	2 – тиждень	№2 №3 №4	Виконання та захист практичної роботи
	Практичне заняття 1 (4 години). Визначення середнього розміру часток порошку змішаного гранулометричного складу Ознайомлення з методикою визначення середнього розміру часточок порошку необхідного для розрахунку процесів тепло- і масообміну.	3 – тиждень	№2 №3 №4	Виконання та захист практичної роботи
2. Диспергування у сталеплавильних агрегатах	Лекція 3 та 4 (4 години). Утворення диспергованих фаз у конверторному процесі Утворення шлако-металевої емульсії у конверторній систем. Кількість капель металу у шлаковій фазі, їх розмір, хімічний склад, фізико-хімічні процеси за участю крапель. Утворення крапель у зоні взаємодії кисневого струменя з ванною їх параметри.	4 – тиждень	№5 №6 №7	Поточний контроль шляхом усних опитувань студентів у ході навчальних занять

	Лекція 5 та 6 (4 години). Вплив диспергування на перебіг фізико-хімічних процесів у кисневому конверторі Окислення вуглецю, спіннення шлаку, викиди з конвертеру. перенос у системі краплі метал-шлак сірки, фосфору. азоту, водню. Емульгування шлакових крапель у метал.	5 – тиждень	№5 №6 №7	Поточний контроль шляхом усних опитувань студентів у ході навчальних занять
	Лекція 7 та 8 (4 години). Утворення диспергованих фаз у подових сталеплавильних агрегатах Диспергування у мартенівській системі краплі металу у шлаці, їх розмір, хімічний склад, кількість. Окислення вуглецю з металу крапель	6 – тиждень	№5 №6 №7	Поточний контроль шляхом усних опитувань студентів у ході навчальних занять
	Лекція 9 та 10 (4 години). Вплив диспергування на перебіг фізико-хімічних процесів у подових сталеплавильних агрегатах Спіннення шлакової фази, його вплив на теплоперенесення до ванни. Диспергування при продувці мартенівської ванни киснем	7 – тиждень	№5 №6 №7	Поточний контроль шляхом усних опитувань студентів у ході навчальних занять
3.Диспергування поза сталеплавильним агрегатом .	Лекція 11 (2 години). Диспергування при випуску сталі Диспергування шлаку і атмосферного повітря в металі при випуску з сталеплавильного агрегату. Вживання диспергованих матеріалів при випуску в ковш.	7 – тиждень	№5 №6 №7	Поточний контроль шляхом усних опитувань студентів у ході навчальних занять
	Лекція 12 (2 години). Диспергування при позапічній обробці сталі Вживання диспергованих матеріалів при випуску в ковш. Емульгування шлаку в метал при продувці сталі в ковші інертним газом	8 – тиждень	№5 №6 №7	Поточний контроль шляхом усних опитувань студентів у ході навчальних занять

IV чверть

3.Диспергування поза сталеплавильним агрегатом .	Практичне заняття 2 (2 години). Розрахунок осадження та спливання дисперсної фази в металургійних розплавах Ознайомлення з методикою розрахунку процесів осадження та спливання дисперсних фаз в металургійних розплавах.	2 – тиждень	№2 №3 №4	Виконання та захист практичної роботи
	Практичне заняття 2 (2 години). Розрахунок осадження та спливання дисперсної фази в металургійних розплавах Ознайомлення з методикою розрахунку процесів осадження та спливання дисперсних фаз в металургійних розплавах.	4– тиждень	№2 №3 №4	Виконання та захист практичної роботи

	<p><u>Практичне заняття 3</u> (2 години). Розрахунок спливання бульбашки за донної продувки металевго розплаву Ознайомлення з методикою розрахунку режимів спливання газової бульбашки.</p>	6 – тиждень	№2 №3 №4	Виконання та захист практичної роботи
	<p><u>Практичне заняття 3</u> (2 години). Розрахунок спливання бульбашки за донної продувки металевго розплаву Ознайомлення з методикою розрахунку режимів спливання газової бульбашки.</p>	8 – тиждень	№2 №3 №4	Виконання та захист практичної роботи

Самостійна робота

Самостійна робота є складовою підготовки здобувача вищої освіти протягом вивчення курсу. Вона передбачає виконання наступних видів робіт:

№№ з/п	Вид самостійної робіт	Тривалість (годин)
1	Підготовці до аудиторних занять	16
2	Підготовці до модульних контрольних робіт (екзамену)	12
3	Опрацюванні розділів, які не викладаються на лекціях	
	Розпад Релея. Розпад Релея при нерухомій фазі. Відносний рух та утворення капілярних хвиль. Поводження хвиль при збільшенні швидкості руху. Зростання амплітуди хвиль та утворення крапель. Розпад струменя рідини за її витікання з отвору. Диспергування за обтікання газівим потоком поверхні крапель. [9] стор.5-9.	5
	Струмінне рафінування рідкого чавуну Схема процесу, параметри його здійснення. Модель рафінування. Розмір крапель, їх хімічний склад. Випарювання. [10] стор.167-230, [11] стор. 53-71.	5
	Диспергування при розливанні сталі Ежекція повітря та шлакової фази у метал струменя сталі у проміжному ковші, кристалізаторі, виливниці. Вживання диспергованих металевих часток при розливі сталі. [9] стор.25-27.	5
	Тепло - і масоперенесення у дисперсній системі. Умови тепло-і масоперенесення у дисперсних системах, основні числа подоби, що описують цей процес. Завдання внутрішнього та зовнішнього масо і теплоперенесення. [2] стор.265-323, 422-456, [7] стор.70-83, [8] стор.344-351, [9] стор.27-28.	7

Підготовку до проведення аудиторних занять та модульних контрольних робіт (екзамену) здобувачі вищої освіти здійснюють з використанням особистого конспекту лекцій та рекомендованої лектором навчальної літератури. Список навчальної літератури надається студентам на першому аудиторному занятті.

Опрацювання розділів, які не викладаються на лекціях, здійснюється за допомогою рекомендованої лектором навчальної літератури та/або додаткової навчальної літератури, яка відповідає змісту дисципліни та яку здобувач вищої освіти може обрати самостійно.

Перевірка засвоєння матеріалів з розділів програми, які не викладаються на лекціях відбувається під час проведення підсумкового контролю, шляхом включення питань з цих розділів до екзаменаційних білетів.

Політика оцінювання

Контроль якості навчання та перевірка набуття запланованих результатів навчання з дисципліни «Диспергування в сталеплавильних системах» здійснюються при проведенні семестрового (підсумкового) контролю у формі екзамену.

Екзамен проводять упродовж двох останніх тижнів чверті після завершення аудиторних занять з дисципліни «Диспергування в сталеплавильних системах» згідно з графіком, укладеним старостою академічної групи, та погодженим з відповідальним викладачем та деканатом.

До виконання семестрового (підсумкового) контролю допускаються усі студенти за умови зарахування виконання практичних робіт згідно з робочим планом.

Навчальний матеріал, який виноситься на екзамен, охоплює усі модулі дисципліни «Диспергування в сталеплавильних системах».

Білет з семестрового (підсумкового) контролю містить 14 питань поділених на три групи за рівнем складності (перший, питання 1-8; середній, питання 9-12; вищий, питання 13-14). Кожна група цих питань у сукупності також може дати 4 бали.

Рівень сформованості знань, вмінь та навичок студентів з дисципліни «Диспергування в сталеплавильних системах» оцінюється за 12-бальною шкалою та має відповідати критеріям оцінювання, підсумкова оцінка складається із суми «ваги» вірних відповідей за кожною групою питань з округленням до найближчого цілого числа, наприклад, “5,5” → “6”; “9,2” → “9”.

Під час проведення (підсумкового) контролю неприпустимим є порушення кодексу академічної доброчесності (<https://nmetau.edu.ua/file/kodeks.pdf>), а саме:

- використання під час контрольних заходів заборонених допоміжних матеріалів або технічних засобів (шпаргалки, мікронавушники, телефони,

планшети тощо);

- списування;
- проходження процедур контролю знань підставними особами.

У разі виявлення порушення академічної доброчесності студент відсторонюється від проходження (підсумкового) контролю й у подальшому притягується до відповідальності у вигляді повторного проходження (підсумкового) контролю, як такий, що отримав оцінку - незадовільно.

Оцінка за 12-бальною шкалою	Національна шкала	Критерії оцінювання
12	Відмінно	Студент демонструє ґрунтовні, повні й міцні знання навчального матеріалу в обсязі, що відповідає вмісту навчальної дисципліни; правильно й обґрунтовано приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях; вміє реалізувати теоретичні положення дисципліни при виконанні практичних/лабораторних робіт та при курсовому проектуванні, аналізувати отримані дані на основі набутих з даної та суміжних дисциплін знань та умінь; знає сучасні технології, тенденції їх розвитку та методи розрахунків; проявляє вміння самостійно ставити та вирішувати поставлені завдання, активно включатись в дискусії; може відстоювати власну позицію з питань, що розглядаються; спроможний самостійно підготувати виступ на студентській науковій конференції; визначає програму своєї пізнавальної діяльності; займає активну життєву позицію; самостійно користується додатковими джерелами інформації; при тестовому контролі виконує 100 відсотків загальної кількості завдань.
11		Студент демонструє систематичні та глибокі знання навчального матеріалу за вмістом навчальної дисципліни; вміє аналізувати явища, які висвітлюються в її вмісті; розуміє взаємозв'язок і тенденції розвитку фундаментальних основ дисципліни; вміє застосовувати теоретичні положення при виконанні практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні з ґрунтовним аналізом та оцінкою достовірності одержаних результатів; творчо використовує знання у нестандартних ситуаціях, вміє ставити і розв'язувати задачі у фаховій сфері, застосовуючи вивчений матеріал для формування власних суджень та використання у практичній діяльності; спроможний самостійно або з мінімальною допомогою викладача підготувати виступ на

		студентській науковій конференції; визначає програму своєї пізнавальної діяльності із системним оцінюванням різноманітних явищ та процесів; займає активну життєву позицію; самостійно користується додатковими джерелами; при тестовому контролі виконує 90-95 відсотків загальної кількості завдань.
10		Студент демонструє глибокі і ґрунтовні знання матеріалу за вмістом навчальної дисципліни; робить на професійному рівні аналіз можливих ситуацій на основі її вмісту; вміє застосовувати теоретичні положення при виконанні практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні, але допускає окремі неточності; вміє самостійно знаходити та виправляти допущені помилки, кількість яких є незначною; знає сучасні технології та методи розрахунків з даної дисципліни; може визначати тенденції та суперечності різних процесів; робить аргументовані висновки; адекватно оцінює сучасні тенденції, факти, явища, процеси; самостійно визначає мету власної діяльності; знає зв'язок між суміжними дисциплінами; використовує знання, аналізуючи різні явища, процеси; самостійно користується додатковими джерелами; при тестовому контролі виконує 82-89 відсотків загальної кількості завдань.
9		Студент ґрунтовно володіє матеріалом за вмістом навчальної дисципліни, знає і використовує її основні положення для, аналізу можливих ситуацій при виконанні практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні; вміє пояснити основні фундаментальні положення виконаних завдань та дати правильні відповіді про зміну результату при зміні вихідних параметрів; помилки у відповідях/рішеннях/ відповідних завдань не є системними; вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях та задоволенні практичних потреб; самостійно знаходить та користується додатковими джерелами інформації; при тестовому контролі виконує 75-82 відсотків загальної кількості завдань.
8	Добре	Студент виявляє добрі знання навчального матеріалу за вмістом навчальної дисципліни, але допускає несуттєві помилки при використанні теоретичних положень під час виконання практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні; вміє застосовувати навчальні матеріали у стандартних ситуаціях та задоволенні практичних потреб; вміє аналізувати, робити висновки; самостійно користується додатковими джерелами інформації; обґрунтовано використовує термінологію та фундаментальні положення; при тестовому контролі виконує 67-74 відсотків загальної кількості завдань.
7		Студент виявляє певні знання навчального матеріалу за вмістом навчальної дисципліни, правильно і логічно відтворює її вміст; демонструє достатні вміння під час виконання практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні, самостійно визначає шляхи їх виконання; оперує базовими теоріями і фактами взаємозв'язку між дисциплінами, вміє наводити приклади на підтвердження певних думок; у стандартних ситуаціях за допомогою викладача вміє застосовувати теоретичні знання; з окремими неточностями вміє знаходити та використовувати додаткові інформаційні матеріали; при тестовому контролі виконує 58-66 відсотків загальної кількості завдань

6	Задовільно	Студент засвоїв основний теоретичний матеріал навчальної дисципліни та орієнтується в її вмісті; виконує стандартні (типові) завдання практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні; розуміє основні взаємозв'язки між дисциплінами та практичними потребами, що є визначальними в курсі, може поверхнево аналізувати події, ситуації, робить певні висновки; з допомогою викладача може вирішувати подібні завдання, але допускає значну кількість неточностей і грубих помилок; виконує 50-57 відсотків загальної кількості тестів
5		Студент має певні формалізовані знання навчального матеріалу, але невпевнено орієнтується у вмісті навчальної дисципліни та основних теоретичних положеннях; частково володіє вміннями щодо виконання практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні; відсутнє розуміння взаємозв'язків з іншими дисциплінами та практичними потребами; виконує 41-49 відсотків загальної кількості тестів.
4		Студент демонструє неповні знання навчального матеріалу; недостатньо орієнтується у вмісті навчальної дисципліни; демонструє деякі вміння при застосуванні теоретичних положень під час виконання практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні; допускає суттєві помилки, пов'язуючи базові фундаментальні положення з практичними потребами; при тестовому контролі виконує 33-40 відсотків загальної кількості завдань.
3		Студент лише частково опанував навчальний матеріал дисципліни; слабо орієнтується в її вмісті; допускає істотні помилки при виконанні практичних/лабораторних робіт та курсовому проектуванні; не пов'язує базові фундаментальні положення з практичними потребами; при тестовому контролі виконує 15-32 відсотків загальної кількості завдань
2	Незадовільно	Студент лише частково опанував навчальний матеріал дисципліни, не орієнтується в її вмісті, потребує суттєвої допомоги при виконанні практичних/лабораторних/ курсових робіт, демонструє незнання базових фундаментальних положень; при тестовому контролі виконує не більше 15 відсотків загальної кількості завдань.
1		Студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, у нього відсутнє системне мислення, практичні навички не сформовані

У разі отримання на екзамені незадовільної оцінки студентові за згодою деканату дозволяються дві додаткові спроби для перездачі:

перша – викладачеві, який проводив екзамен; друга, за умови невдалої першої спроби, – комісії, яка призначається завідувачем кафедри, що викладає дисципліну, у складі двох-трьох викладачів кафедри за участі відповідального викладача, який проводив екзамен.

Перескладання екзамену з метою підвищення отриманої позитивної оцінки не дозволяється.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами

Політика навчальної дисципліни

Курс читається українською мовою.

При наявності відповідним чином оформленого дозволу допускається вільне відвідування лекційних занять з дисципліни «Диспергування в сталеплавильних системах».

Відвідування практичних занять для студентів є обов'язковим. Винятки можливі лише для студентів з обмеженими можливостями та з поважних причин.

Пропущені практичні заняття (з поважної причини або без неї) мають бути відпрацьованими в позаурочний час (не пізніше 9 тижня поточної чверті). Час і місце проведення додаткових занять визначає викладач.

Під час занять або поза ними студент має демонструвати повагу та толерантність стосовно всіх учасників освітнього процесу (студенти, викладачі, допоміжний персонал).

Студенти повинні дотримуватися кодексу академічної доброчесності (<https://nmetau.edu.ua/file/kodeks.pdf>), правил внутрішнього розпорядку Академії (https://nmetau.edu.ua/file/vn_rozporyadok.pdf), усіх принципів та положень нормативних документів щодо організації навчального процесу у ЗВО (https://nmetau.edu.ua/file/organizatsiya_osvit_prot.pdf).

ДОДАТОК 1

Рекомендована література

1. Левич В.Г. Физико–химическая гидродинамика. –М.: Физматгиз, 1959.
2. Гельперин Н.И. Основные процессы и параметры химической технологии. Книга 1.- М.: Химия. 1991.
3. Распыливание жидкостей //Дитякин Ю.Ф. и др. – М.: Машиностроение, 1977.
4. Грацианов Ю.А. и др. Металлические порошки из расплавов. – М.:Металлургия, 1970.
5. Броунштейн Б.И., Щеголев В.В. Гидродинамика, массо- и теплообмен в колонных аппаратах. – М.: Химия, 1988.
6. Броунштейн Б.И., железняк А.С. Физико-химические основы жидкостной экстракции. – Л.: Химия, 1966.
7. Охотский В.Б. Физико-химическая механика сталеплавильных процессов. – М.: Metallurgy, 1993.
8. Теорія металургійних процесів// Під ред. В.І. Баптизманського і В.Б.Охотського– Київ: ВІПОЛ, 1997.
9. Охотський В.Б. Диспергування в сталеплавильних системах: Конспект лекцій. - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2006. – 29с.
10. Казаков А.А. Непрерывные сталеплавильные процессы. – М.: Metallurgy, 1977. – 272 с
11. Технология и установки непрерывного производства стали / В.И. Баптизманский, И.В. Лысенко, Ю.С. Паниотов и др. – К.: Техніка, 1978. – 192 с.

ДОДАТОК 2

Типові питання до екзамену

1. Дисперсні системи, як правило, бувають:
а) Гомогенні; б) Диференційні; в) Гетерогенні; г) Гомеостазні.
2. Прикладом дисперсійної системи аерозоль може слугувати:
а) туман; б) нафта; в) мильна піна; г) пемза.
3. У суспензії дисперсійним середовищем є:
а) рідина; б) тверде тіло; в) газ; г) плазма.
4. У твердій емульсії дисперсійним середовищем є:
а) газ; б) рідина; в) плазма; г) тверде тіло.
5. Дисперсні системи залежно від розмірів частки розділяють на:
а) гетеродисперсні; б) полідисперсні; в) ультрадисперсні; г) монодисперсні.
6. Дисперсні системи містять частки різних розмірів звичайно називають:
а) гетеродисперсними; б) полідисперсними; в) монодисперсними; г) ультрадисперсними.
7. Среднеарифметичний діаметр відповідає:
а) діаметру часток такої монодисперсної системи в якій при тому ж числі часток однакова сума діаметрів, що й у даній полідисперсній системі;
б) діаметру часток у монодисперсній системі яка має таку ж сумарну поверхню, що й дана полідисперсна система;
в) діаметру часток у такій монодисперсній системі в якій сумарна маса або обсяг часток таку ж як і в даній полідисперсній системі;
г) розміру дисперсної частки, відношення обсягу якої до її поверхні дорівнює відношенню сумарного обсягу всіх часток дисперсної фази до їхньої сумарної поверхні.
8. Для монодисперсної системи виконуєте умову:
а) $d_{10}=d_{20}=d_{30}$; б) $d_{10}<d_{20}<d_{30}$; в) $d_{10}>d_{20}>d_{30}$; г) $d_{10}<d_{20}>d_{30}$.
9. Наведіть приклад дисперсійної системи Р/Г для металургійного виробництва
10. Дайте визначення поняття дисперсійна система
11. Наведіть формулу для розрахунків середнього діаметра по Де Брукеру (зважений за обсягом усіх крапель)
12. Наведіть малюнок деформації й дроблення краплі по механізму катастрофічного руйнування
13. Опишіть механізм дроблення струменя рідини під впливом зовнішніх сил
14. Наведіть відомості про диспергування при позапічній обробці