

Мельник Вікторія Миколаївна*доктор технічних наук, професор**Національний технічний університет України**"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"***ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ У ВІБРАЦІЙНО-АКУСТИЧНОМУ ЕКСТРАКТОРІ****Mel'nick V.N.***doctor of technical sciences, professor,**National Technical University of Ukraine,**"Igor sikorsky kyiv polytechnic institute"***ULTRASONIC INFLUENCE IN A VIBRATING ACOUSTIC EXTRACTOR**

Анотація. Досліджується можливість удосконалення конструкції вібраційно-акустичного екстрактора та можливості збільшення проникнення екстрагенту і розчинення продукту, який екстрагується.

Summary. The possibility of improving the design of the vibration acoustic extractor and the possibility of increasing the penetration of the extractant and dissolving the product that is extracted is studied.

Ключові слова: кавітація, генератор ультразвукових коливань, вібраційно-акустичний екстрактор

Key words: cavitation, ultrasonic oscillator, vibration acoustic extractor

Вступ

Біологічно активні речовини (БАР) — (грец. *bios* — життя, що означає зв'язок із життєвими процесами і відповідає слову «біол.» + лат. *Activus* — активний, тобто речовина, яка має біологічну активність) — це сполуки, які внаслідок своїх фізико-хімічних властивостей мають певну специфічну активність. Одним із найдавніших джерел отримання лікарських засобів являються рослини. На даний час з лікарської рослинної сировини (ЛРС) виготовляють різні фітопрепарати в основному за допомогою процесу екстракції біологічно активних речовин тим чи іншим екстрагентом й подальшим очищенням їх від супутніх речовин, якщо це новогаленові препарати, або отриманням сумарних витяжок БАР у вигляді настоек та екстрактів. Та сам процес екстракції БАР з рослинної сировини досить повільний, який може займати декілька діб настоювання. Отже, ця технологічна операція займає більшу частину часу в технології отримання будь-якого фітопрепарату з ЛРС, ніж інші операції. Тому інтенсифікація процесу екстракції — це одна з актуальних технологічних задач, яка потребує теоретичного та практичного вивчення. Одним із перспективних фізичних факторів, які можуть прискорити процес екстракції БАР з рослинної сировини, є ультразвук. Під дією потужних ультразвукових хвиль у рідкому середовищі спостерігаються такі явища, які не притаманні іншим фізичним факторам або ж за інтенсивністю перевищують їх. Так, під впливом ультразвуку в рідині її частинки можуть переміщуватися десятки тисяч раз на секунду навколо частинок сировини, тим самим «струшуючи» поверхневу рідину з частинок твердої фази як під впливом перемінного потужного ультразвукового тиску, так і гідравлічних ударів у мить схлопування кавітаційних каверн. Ультразвукові хвилі чинять додаткову механічну деформацію частинок, що може

призводити до більш швидкого просочування рослинної сировини екстрагентом та подальшої заміни екстрагента в частинках на новий з міжчастинкового простору. Слід відмітити ще одне явище, яке з'являється внаслідок поглинання потужного ультразвуку. Це розігрівання суміші, що потрібно враховувати в технології і відводити надлишок тепла з екстрактора.

Умовно, всі існуючі методи вилучення БАР з рослинної сировини можна розділити на дві групи:

- традиційні технології вилучення;
- перспективні методи інтенсифікації технологічних процесів екстрагування.

За винятком, на більшості підприємств витяг БАР ведеться малоефективними, трудомісткими традиційними методами (мацерація, перколяція, виварювання, настоювання, відварювання і різні способи механічного віджиму).

Мацерація і виварювання є найбільш застарілими методами. Мацерація - звичайне вимочування, при якому відбувається розпушення клітинних стінок рослинної сировини і розчинення екстрагованих речовин. Тривалість процесу досягає двох тижнів. Одним з традиційних способів виготовлення екстрактів і настоїв є перколяція. При перколяції або просочуванні, розчинник проходить (просочується) через шар подрібненої сировини і «вимиває» цільові компоненти. У перколяційні процеси можуть вноситися різні варіації. Часто користуються поєднанням процесів настоювання і перколяції.

У даний час процес екстрагування проціджуванням не відповідає завданням інтенсифікації виробництва і застосовується, як правило, для отримання одиничних настоїв.

Відомий вихровий метод екстракції (турбоекстрація), який поєднує інтенсивне перемішування і одночасно подрібнення сировини в середовищі екстракту за допомогою швидкообертаючих мішалок, які мають гострі

лопаті. Недолік цього методу - переподрібнення сировини і, як наслідок, ускладнення процесу очищення.

Очевидно, що параметрами, які впливають на швидкість і ступінь вилучення, що піддаються регулюванню в потрібну сторону є: тип екстрагента, ступінь подрібнення, різниця концентрації, температура, тиск, тривалість отримання і гідродинамічні умови в апаратах і камерах. Окремі з перерахованих факторів реалізуються в традиційних способах екстракції.

Для інтенсифікації процесів вилучення використовують вплив на сировину різних силових полів: електричних, ультразвукових, імпульсних, дискретно-імпульсних та ін. Проте, велика частина цих перспективних методів досі перебуває на стадії лабораторних або напівпромислових випробувань. Це прямо вказує на ряд невирішених теоретичних і практичних завдань. Чималу увагу в літературі приділяється екстракційного процесу під дією електричного струму. Оскільки гомогенність рослинної сировини порушена клітинними мембранами, які поділяють внутрішньоклітинні і позаклітинні області, масообмінні процеси в таких системах носять, очевидно, електрохімічний характер. Отже, вони повинні залежати від зовнішнього електричного впливу, і електричний струм, проходячи через оброблювану сировину, впливає на проникність мембран та руйнування клітин.

Це, в свою чергу, впливає на процеси масообміну між твердою і рідкою фазами. Дані явища лежать в основі таких процесів, як електроплазмоліз і електродіаліз, які використовують для інтенсифікації вилучення компонентів з рослинної сировини. Використання електроплазмоліза в поєднанні з механічним впливом (різання, пресування, перемішування і т.д.) найбільш ефективно при обробці мезги при виробництві соків, причому підвищується вихід соків і з важко пресованої сировини, наприклад, цукрового буряка.

До нетрадиційних методів обробки рослинної сировини відноситься електродіаліз - дифузія електролітів через пористу мембрану під дією електричного струму. У процесі електродіалізу досягається зміна іонного складу рідин, що знаходяться між мембранами, а змін агрегатного стану і фазових перетворень в системах не відбувається. Речовини, що входять в оброблювальну сировину, особливо термонестабільні білки, ферменти та ін., залишаються в первісному вигляді. Цей спосіб використовується при отриманні чистих препаратів в невеликих кількостях.

Вивчаючи процес електричних впливів на клітинному рівні, було показано, що дія струму може призводити як до збільшення проникної здатності мембран, так і до зворотного ефекту.

Традиційно вважається, що лімітуючою стадією екстрагування є внутрішньо- дифузійний (масообмінний) процес, рушійною силою якого є

різниця концентрації в екстрагенті (розчиннику) і розчині речовин, що містяться в клітинних і міжклітинних структурах рослинної сировини.

Тому інтенсифікація процесів вилучення спрямована на прискорення масообміну в системі «рідина - тверда речовина». Перспективним, з точки зору підведення до системи енергії і перетворення її в кінетичну енергію, є метод обробки твердих тіл, які знаходяться в рідині під дією електричних розрядів.

Згодом з'явилися модифікації цього методу: електроімпульсний (наскрізний пробій твердого тіла); електрогідралічний (вплив ударної хвилі, що супроводжує розряд в рідині); мембранний, що виключає вплив випромінювання на об'єкт від каналу розряду і електродинамічний (поєднання наскрізного пробію твердого тіла і ударної хвилі). Розряд в рідині викликає стрибкоподібне зростання температури каналу, утворення парогазової порожнини і її розширення з великою швидкістю, що призводить до утворення імпульсу тиску (гідроудар). При всій привабливості використання іскри в якості «робочого інструменту» ряд авторів відзначає негативні явища при тривалій обробці імпульсами напруги, які проявлялися в порушенні структури деяких БАР.

Перспективним «інструментом» в технології вилучення БАР з рослинної сировини є ультразвук. Широке застосування ультразвукових методів обумовлено особливостями фізичного та хімічного впливу ультразвуку на речовину. До теперішнього часу створені різноманітні ультразвукові технології процесів розчинення, емульгування, отримання тонкодисперсних суспензій, просочення, акустичного сушіння, миття та очищення різноманітних виробів, засолу харчових продуктів, передпосівної обробки насіння, екстрагування речовин, зварювання термопластичних матеріалів, склеювання деталей, механічної розмірної обробки та ін.

Пропонуємо технічне рішення належить до конструкцій масообмінних апаратів для екстрагування цільових продуктів з подрібненої сировини рослинного або тваринного походження і може використовуватись в фармацевтичній, хімічній і харчовій промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомий апарат для екстрагування [1], який складається з вертикального корпусу та розміщених в ньому віброуючих робочих органів у вигляді перфорованих тарілок, які мають різний гідралічний опір при проходженні через них середовища в протилежному напрямку. Недоліком даного апарату є забивання отворів в тарілках твердою фазою і в наслідок цього порушення динамічних умов роботи апарату.

Відомий також вакуум-віброекстрактор періодичної дії з комбінованим енергопідведенням містить циліндричний корпус з кришкою із розміщеним на ній віброприводом, з'єднаним через шток та перфорований диск з гнучким

контейнером. Контейнер має проникну поверхню для екстрагенту, закріпленим на сітчастій нерухомій опорі, під якою в нижній частині корпусу розміщено регульований за амплітудою і частотою коливань випромінювач височастотних механічних коливань. Апарат додатково оснащений зовнішнім вакуумованим циркуляційним контуром, який складається з барометричної трубки, що з'єднує робочий об'єм апарата з випарним пристроєм, який має обвідний контур і парову камеру, що з'єднані із збірником конденсату через конденсатор [2].

В праці [3] автори пропонують екстрактор для малотоннажних харчових виробництв, в якому інтенсифікація процесу екстрагування здійснюється застосуванням вібрації. Конструкція апарату дозволяє використовувати легкопаруючі екстрагенти. Також наведено деякі попередні розрахунки конструкції екстрактора [3].

Здійснені дослідження показали, що застосування вібрації веде до найбільш істотного прискорення екстрагування [4,5]. Вібраційний вплив, передане від корпусу апарата через екстрагент рослинній сировині, інтенсифікує процес масообміну за рахунок інерційних сил, прискорення міграції переноситься речовини і турбулізації пограничного шару.

Авторами наводяться результати напівнатурних випробувань при розчиненні твердих речовин в рідких розчинниках в умовах дії ультразвуку в рідкому середовищі та запропонована математична модель процесу. Виявлено появу знакозмінного тиску, течії, кавітації, що сприяють інтенсифікації процесів масопереносу. Доведено, що швидкість розчинення твердих речовин залежить від інтенсивності, частоти та амплітуди ультразвукових коливань [6].

Найбільш близький до пропонуємого технічного рішення є вібраційний екстрактор [7], який містить циліндричний корпус з

електромеханічним приводом, термоізолювану парову оболонку, електронагрівальні елементи, колектори введення екстрагенту і виводу екстракту та гнучкі мембрани кооксіяльно закріплені на віброуючому штоку та по периметру зафіксовані на нерухомих стояках і розміщенні у внутрішньому сітчастому корпусі.

Мета досліджень.

За мету досліджень обрано пошук шляхів вдосконалення технічної реалізації вібраційно-акустичного екстрактору за допомогою радіального перемішування екстрагента і сировини та можливість надання регулювання співвідношення екстрагент-сировина в просторі між тарілками.

Викладення основного матеріалу.

В основу пропонуємого технічного рішення поставлена задача удосконалення конструкції вібраційно-акустичного екстрактора, яка вирішується шляхом переходу рідини через шар твердої фази під дією акустичних коливань, що забезпечить інтенсифікацію внутрішнього та зовнішнього масоперенесення, як в середині твердої фази до поверхні контакту так і з поверхні твердої фази в екстрагент.

Поставлена задача вирішується тим, що вібраційно-акустичний екстрактор, який складається з циліндричного корпусу з плоскою кришкою, штуцерів для підведення екстрагенту та виведення екстракту, а вібропривід з'єднаний зі штоком, на якому закріплені корзини з сітчастими днищами, а в нижній частині циліндричного корпусу екстрактора встановлений генератор ультразвукових коливань.

На рис. 1 схематично показаний вертикальний розріз вібраційно-акустичного екстрактора. На рис. 2 показано кріплення корзин 5 до штоку 4 гвинтом 6. На рис. 3 показано з'єднання зовнішнього кільця 8 з внутрішніми втулками 7, планками 9.

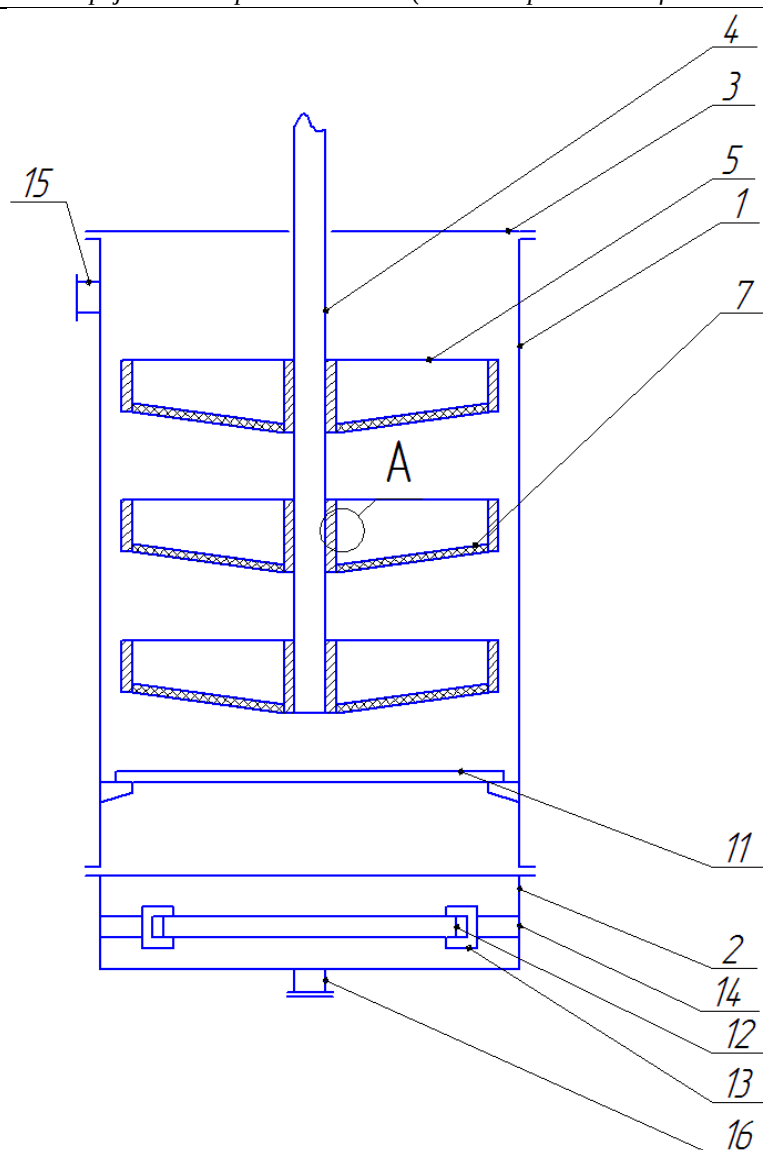


Рис. 1

A-A

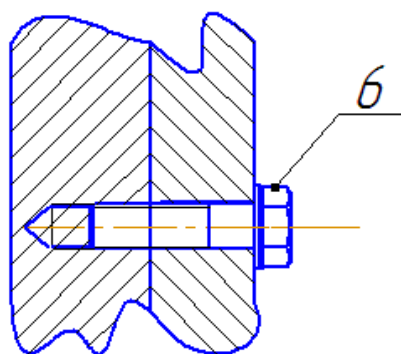


Рис. 2

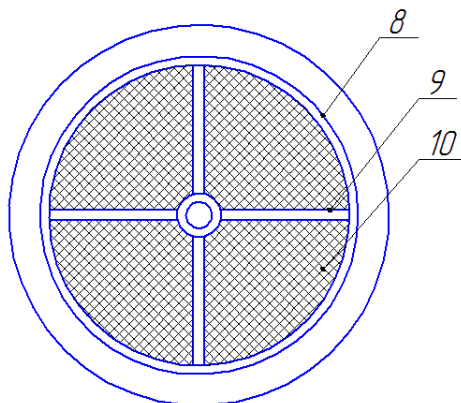


Рис. 3

Вібраційно-акустичний екстрактор складається з циліндричного корпусу 1, до якого кріпиться на фланці днище 2 та кришка 3. В корпус 1 встановлений шток 4, на якому закріплені три корзини 5. Корзини 5 складаються з внутрішньої втулки 7 та зовнішнього кільця 8. Зовнішнє кільце 8 з'єднується з внутрішніми втулками 7, планками 9. Планки 9 підтримують металеву сітку 10. Внутрішні втулки 7 фіксуються на штоку 4 гвинтом 6. В нижній частині корпусу 1 над днищем 2 закріплена плоска металеві сітка 11. Під сіткою 11 розміщений генератор ультразвукових коливань 12. Генератор ультразвукових коливань встановлений на направляючих 13, що кріпиться ребрами 14 до циліндричної частини днища 2. Для введення екстрагенту в верхній частині корпусу передбачений штуцер 15 та штуцер 16 для виведення готового екстракту.

Вібраційно-акустичний екстрактор працює наступним чином. Перед кожним циклом роботи вібраційно-акустичний екстрактор очищають від залишків сировини, промивають миючими засобами, споліскують водою, при необхідності стерилізують гострою парою. Завантаження корзин 5 сировиною здійснюють поза межами вібраційно-акустичного екстрактора та фіксують в робочому положенні. Закріплюють кришку 3 до корпусу 1 апарата. В апарат подають екстрагент. Вмикають генератор ультразвукових коливань 12.

При зворотно-поступальному русі штоку 4, з закріпленими на ньому корзинами 5 з твердими частинками речовини, екстрагент проходить через сітчасті днища в корзинах 5, омиває розміщені в корзинах 5 тверді частинки сировини. Зміна напрямку руху штоку 4 призводить до руйнування прилеглої поверхні екстрагенту біля поверхні твердої частинки, інтенсифікуючи процес масовиддачі. Ультразвукові коливання в вібраційно-акустичному екстракторі інтенсифікують процес проникнення екстрагенту в пори твердих частинок, ультразвукова кавітація руйнує поверхню частинок, відкриває нові пори, сприяє транспортуванню екстрагенту в капілярах твердих частинок, покращуючи процес переносу

маси в твердих частинках і збільшуючи вихід цільового продукту.

Висновки та пропозиції.

Таким чином, процес екстрагування з використанням генератора ультразвукових коливань і механічних коливань за рахунок зворотно-поступального руху штоку з корзинами, що створює умови неперервного омивання твердих частинок сировини рідкою фазою (екстрагентом), що підвищує інтенсивність масовиддачі з поверхні твердих часток, збільшує міжфазну поверхню в результаті кавітаційного руйнування твердих часток за рахунок появи мікротріщин і додаткових пор, а також покращить проникнення екстрагенту та розчинення продукту, що екстрагується в капілярах твердих часточок під дією акустичного тиску.

Літературні джерела:

1. А.с. 1722521 СССР, МПК В01D 11/02. Вібраційний екстрактор / П.П. Лобода, В.Л. Зав'ялов, Ю.В. Карлаш. - № 4848802/26; заявл. 09.07.90; опубл. 30.03.92, Бюл. № 12.
2. Патент 113085 UA, МПК В01D 11/02 (2006). Вакуум-віброекстрактор періодичної дії з комбінованим енергопідведенням / Зав'ялов В. Л., Попова Н. В., Мисюра Т. Г., Запорожець Ю. В., Деканський В. Є. ; заявник Національний університет харчових технологій. — № а 2014 11977; заявл. 05.11.2014 ; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23.
3. Поперечный А.Н. Боровков С.А. ЭКСТРАКТОР ДЛЯ МАЛОТОННАЖНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ/ Наукові праці, випуск 47, Т.2. С. 8-11.
4. Поперечный, А.М. До питання інтенсифікації процесу екстрагування в системі «тверде тіло – рідина» [Текст] / А.М. Поперечний, С.О. Боровков // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. — Донецьк: ДонНУЕТ, 2007.— Вип. 16.— С. 104-109.
5. Поперечный, А.М. Обгрунтування створення вібраційного екстракційного апарату безперервної дії [Текст] / А.М. Поперечний, С.О. Боровков // Збірник наукових праць Луганського

національного аграрного університету. Серія: Технічні науки – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2008. №87.-С.332-341.

6. Мельник В.М., Ружинська Л.І., Форостянко В.С. Побудова математичної моделі процесу розчинення твердих речовин в умовах дії

ультразвуку/ Технологічний аудит та резерви виробництва. - 2017. №1/3(33). - С. 28-33;

7. Деклараційний патент на корисну модель № 14515, Україна, МПК B01D 11/02. Вібраційний екстрактор/ В.Л. Зав'ялов, В.С. Бодров, Н.В. Попова, Т.Г.Мисюра. - № u200511361; заявл. 30.11.2005; опубл. 15.05.2006, бюл. № 5.

Сайда С.К.

канд.техн.наук,

Доцент кафедри строительного производства ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет»

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ СТАЛЬНОЙ ТРУБЫ, ЗАПОЛНЕННОЙ БЕТОНОМ

Конструктивный элемент в виде стальной оболочки, заполненной бетоном (трубобетон), является одним из наиболее прогрессивных видов строительных конструкций. Преимущества таких конструкций – легкость, минимальная трудоемкость при изготовлении и монтаже, низкий расход дефицитных материалов, и, в конечном счете, низкая себестоимости строительства.

В трубобетонных конструкциях эффективно используются специфические свойства применяемых материалов, что дает существенную экономию стали и цемента, приводит к уменьшению размеров поперечного сечения элементов конструкций, и следовательно, их веса и транспортных затрат.

В результате сравнения несущей способности трубобетонных и железобетонных образцов с равными площадями сечения бетона и арматуре установлено, что трубобетон по несущей способности в 1.8-2.5 раза эффективнее железобетона [1].

Под действием нагрузки в поперечном направлении обжатия бетона сначала незначительно, с ростом нагрузки оно увеличивается и почти достигает величины призмочной прочности. Продольные напряжения в бетоне значительно возрастают от начала загрузки до его окончания, превосходя призмочную прочность. Боковое давление создает объемное напряженное состояние, препятствуя расширению бетона и развитию микротрещин [2].

Вопросам теории расчета и конструирования трубобетона посвящены работы А.А.Гвоздова [3], А.И.Кикина [4], Р.С.Санжаровского [5], и другие. Однако нет еще четкого представление о физической сущности работы бетона в оболочке, а также достаточно обоснованного метода определения разрушающей и расчетной нагрузок, имеются противоречивые мнения и по оценке напряженно-деформированного состояния трубобетонного элемента при осевом сжатии.

Так, А.А.Гвоздев [3] предложил определить разрушающую осевую нагрузку по предельному сопротивлению оболочке в поперечном направлении и разрывающему действию давления бетонного ядра. Это означает, что продольные деформации достигают определенной величины

превышения, которой сопровождается переходом стержня в предельное состояние по большим необратимым деформациям.

Для определения прочности трубобетонных стержней им были положены следующие предположки:

- при центральном сжатии исчерпание несущей способности стальных труб, заполненных бетоном, когда оболочка и ядро находятся в пластичной стадии;

- с достижением текучести в стальной трубе напряженное состояние удовлетворяет условиям пластичности Генки-Мизеса;

- к моменту достижения предельной нагрузки на стальную трубу с бетонным ядром имеет место и условие текучести.

Исходя из этого, А.А.Гвоздев делает вывод, что в момент достижения предельного состояния стальная оболочка работает лишь как обойма. При этом она способна воспринимать только распор бетонного ядра, а вся продольная нагрузка воспринимается бетонным сердечником.

В других работах за предельное состояние принимается тот момент, когда в стальной оболочке кольцевые напряжения достигают предела текучести. Авторы рассматривают совместную работу стальной трубы и бетонного ядра при напряжениях в бетоне, больше призмочных и делают вывод о том, что в рассматриваемый момент имеют место два взаимно обусловленных и включающих друг друга процесса: с одной стороны- процесс “разупрочнения” бетона за счет интенсивного развития внутренних трещин, а с другой стороне- процесс “упрочнения”, бетонного ядра за счет возрастающего реактивного давления обоймы. Несущая способность трубобетонного элемента считается исчерпанной, когда прекращается процесс упрочнения бетонного ядра.

В основе предельного состояния у других авторов принята трактовка Н.С.Стрелецкого, в которой “предельная деформация является главенствующей, определяющей, предельное состояние, а силовой фактор лишь подбирается по предельной деформации”. Это означает, что продольные деформации достигают определенной величины, с превышением которой наступает