

«Промислова екологія». – Львів: Новий світ-2000. – 226 с. 6. Сухарев С.М., Чундак С.Ю, Сухарева О.Ю. Техноекотолія та охорона навколишнього середовища. – Львів: Новий світ, 2004. – 256 с. 7. Челядин Л.І. Дослідження екологічної ефективності очистки стічних вод при фільтрації через модифікований вуглецево-мінеральний матеріал // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2002. – № 4. – С. 80–82.

УДК 624.016.5 : 699.841

С.Е. Панюков

Національна академія природоохоронного
та курортного будівництва, м. Сімферополь

ПРОПОЗИЦІЇ З УТОЧНЕННЯ РОЗРАХУНКУ СТИСЛО-ЗІГНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІД ЧАС СПРИЙНЯТТЯ ПОПЕРЕЧНОЇ СИЛИ

© Панюков С.Е., 2009

На основі механіки руйнування бетону запропоновано уточнений метод розрахунку несучої здатності кінцевих ділянок стиснуто-зігнутих залізобетонних елементів під час сприйняття поперечної сили залежно від рівня осьового зусилля і рівня згинального моменту.

On the base of concrete fracture mechanics more precise method of analysis is described. This is the method of calculating load carrying capacity of end parts of compressed – bent reinforced concrete elements under the condition of perceiving lateral force depending on the value of axial thrust and value of bending moment.

Постановка проблеми. За наслідками аналізу роботи зруйнованих під час землетрусів конструкцій багато дослідників вважають резерв несучої здатності колон на зсув найменшим порівняно з резервом несучої здатності за сприйняття поздовжньої сили і згинального моменту, особливо в колонах нижніх поверхів [1, 2].



Рис. 1. Руйнування колон нижніх поверхів по нахиленому перерізу після землетрусу [1]:
а, б – у Бухаресті 4 березня 1977 р.; в – у Ташкенті 26 квітня 1966 р.

Можна припустити, що це пов'язано зі зниженням міцності нахиленого перерізу за значних поздовжніх зусиль стиску і згинальних моментів.

Відомо, що за цих умов у стиснутому елементі починається зародження мікротріщин, які направлені уздовж зусилля, що діє на елемент, і відхиляються приблизно під кутом 45° у зонах обмежених поперечних деформацій. Наприклад, під час випробування призм на осьовий стиск в лабораторних умовах поперечні деформації стримуються силами тертя, що виникають на контакті торців призми з опорними плитами випробувального преса. У результаті за високих рівнів навантаження в середній по висоті частині призм з'являються мікротріщини, орієнтовані упродовж дії зусилля. З наближенням до торців призми ці тріщини змінюють напрям приблизно на кут 45° і розходяться в протилежні боки стосовно вертикальних граней призми. У кінцевих ділянках колон багатоповерхових будівель розвиток поперечних деформацій стримується залізобетонною обіймою конструкцій перекриття і ригелями, що насамперед примикають до колони. Підкреслимо, що за вітрової або сейсмічної дії навантажень в ригелях, окрім згинальних моментів і поперечних сил, виникають відчутні поздовжні зусилля стиску [3], які значно підвищують ефективність обійми навколо кінцевих ділянок колон.

У цій ситуації мікротріщини, що зароджуються, або передуючі їм напруження розтягу в нахилених перерізах колон на кінцевих ділянках, від дії зусилля стиску викличе зниження несучої здатності таких перерізів за сприйняття поперечної сили і згинального моменту.

Мета роботи – обґрунтувати уточнений спосіб розрахунку несучої здатності стиснуто-зігнутих залізобетонних елементів за сприйняття поперечної сили.

Завдання і методика дослідження. Аналіз результатів фізичних експериментів з бетонними зразками за стиску [4], аналіз нормативної методики розрахунку несучої здатності стиснуто-зігнутих залізобетонних елементів за сприйняття поперечної сили [5], аналіз результатів виконаного автором [3] числового експерименту на ПК "Ліра" за оцінкою напружено-деформованого стану колон у каркасах багатоповерхових будівель серії ПС-04 [6], метод дедукції.

Результати дослідження. Професором О.Я. Бергом на основі багаторазових фізичних випробувань зразків вивчено особливості деформування бетону за стиску і зроблено такі висновки [4]: «...особливості деформування бетону визначаються утворенням і розвитком мікроруйнувань. Можна вважати доведеним, що мікроруйнування, які потім переходять у макроруйнування, визначають міцність бетону за різноманітних видів навантажень (одноразове статичне або динамічне навантаження, багаторазове навантаження, довго діюче навантаження) і особливості деформування на тих стадіях навантаження, коли ці процеси починають розвиватися...» (рис. 2).

В інтервалі від R_m^0 до R_m^v мікроруйнування структури перетворюються на мікротріщини. Для бетону на важких заповнювачах в достатньо зрілому віці (більше 28 діб) зв'язок між межами мікротріщиноутворення і призматичною міцністю бетону за осьового стиску може бути виражений у вигляді [4]:

$$R_t^0 / R_{np} = 0.35 \lg \cdot R_{np} - 0.5; \quad (1)$$

$$R_m^v / R_{np} = 0.35 \lg \cdot R_{np} - 0.175. \quad (2)$$

Для колон нижніх поверхів каркасів багатоповерхових будівель серії ПС-04 [6] з бетону міцністю на осьовий стиск класу В35 (марка 400), бетону такої самої міцності з об'ємним процентом армування 0,013 (значення приведеної міцності бетону в круглих дужках) або об'ємним відсотком армування 0,029 (значення приведеної міцності бетону в квадратних дужках) отримаємо:

$$R_t^0 / R_{np} = 0,35 \lg 199(324)[384] - 0,5 = 0,31(0,38)[0,4];$$

$$R_t^v / R_{np} = 0,35 \lg 199(324)[384] - 0,175 = 0,63(0,70)[0,73].$$

Тут значення приведеної міцності бетону для колон з непрямым армуванням обчислені за рекомендаціями норм [5].

Отримані результати відповідають висновку О.Я. Берга у тому, що: «Границі, які відповідають параметричним крапкам, слід розглядати як зони визначеної ширини, що зумовлено природою матеріалу» [4, с. 41].

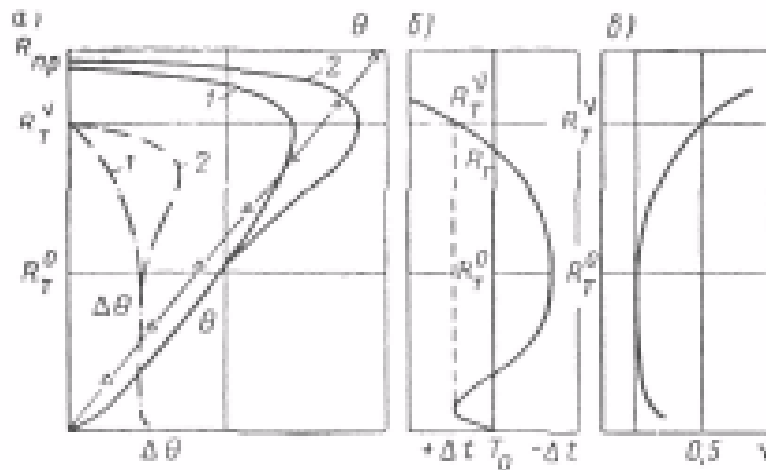


Рис. 2. Зміна характеристик деформації бетону за стиску [4]: а – зміна об'єму θ і приріст об'єму $\Delta\theta$ за стиску бетону; б – діаграма станів за наслідками ультразвукових спостережень; в – зміна диференціального коефіцієнта поперечної деформації; R_{np} – призматична міцність бетону за осьового стиску; R_m^0 – нижня межа мікротріщиноутворення відповідає максимальній щільності бетону в зразку за весь період випробування аж до руйнування і найменшому часу проходження ультразвуку через зразок; вище за цей рівень напруження починається процес мікроруйнувань; R_m^v – верхня межа мікротріщиноутворення; вище за цей рівень напруження мікроруйнування починають превалювати над процесами ущільнення

Мікроруйнування структури перетворюються на мікротріщини в інтервалі від R_T^0 до R_T^v . Друга параметрична крапка R_T^v – це умовна верхня межа мікротріщин. Процес монотонно розвивається до цього рівня напружень і вище від нього. Проте за вищого напруження процес руйнування структури матеріалу прогресує дуже інтенсивно.

Межа R_T^0 визначає область витривалості бетону під дією навантаження, яке повторюється багаторазово. За рівня напруження вище R_T^0 зразок руйнується за навантаження, яке повторюється багаторазово. Зв'язок явищ витривалості зі зміною межі R_T^0 спостерігається як за одноосного стиску бетону, так і за позacentрового стиску і згину. В останніх випадках абсолютне значення R_T^0 вище, ніж за одноосного стиску [4].

Норми рекомендують [5, п.п. 3.29 – 3.31] виконувати розрахунок нахилених перерізів колон з поперечною арматурою у вигляді хомутів або сіток непрямого армування на дію поперечної сили з урахуванням позитивного впливу осьового зусилля стиску за допомогою коефіцієнта

$$\varphi_n = 0.1N / (R_{bt} b h_0), \quad (3)$$

але не більше 0,5.

Для колон, що розглядаються нами, $\varphi_n = 0,5$ буде досягнуто за осьового зусилля

$$N = 0,5 \times 13,3(16,7)[17,9] \times 40 \times 36 / 0,1 = 95\,760(120\,240)[128\,880].$$

Це відповідає відносному рівню осьового зусилля

$$95\,560 / 568\,000 = 0,17(120\,240 / 703\,000 = 0,17)[128\,880 / 782\,000 \approx 0,17],$$

що дорівнює 0,17 для усіх трьох випадків.

Отже, норми обмежують числове значення коефіцієнта φ_n тільки за низьких рівнів осьового зусилля стиснення, а для високих рівнів осьового зусилля стиснення $\varphi_n = 0,5$. Верхня межа рівня осьового стиснення, до якого здатний виявлятися його позитивний вплив, в нормах не вказаний. Проте, очевидно, що за значення осьового зусилля стиснення N , що дорівнює несучій здатності N_{per} , елемент не зможе сприймати якесь додаткове зусилля, будь це згинальний момент, або поперечна сила, а тим більше підвищувати його значення, що відбувалось за низьких рівнів стиску.

Аналіз сказаного дає змогу побудувати такий логічний ланцюг висновків:

1. У колонах каркасів багатоповерхових будівель за розрахункових поєднань навантажень виникають одночасно осьові зусилля стиску, згинальні моменти і поперечні сили. В межах одного поверху будівлі осьові зусилля стиску і поперечні сили мають фактично постійне значення (незначна відмінність цих зусиль по висоті колони у межах поверху викликана тільки її власною вагою). Згинальні моменти мають максимальне значення з протилежним знаком на кінцевих ділянках колони. Отже, по висоті колони можна виділити дві зони: середню, таку, що сприймає осьові зусилля стиску, і поперечні сили з їх максимальними значеннями, і незначні згинальні моменти, і кінцеві ділянки колон, які сприймають максимальне значення усіх зусиль, що діють, тобто ця зона знаходиться у складніших умовах, ніж середня зона колони.

2. Норми оперують розрахунком, побудованим на принципі суперпозиції, тобто розрахунок несучої здатності елемента виконують часто на дію кожного зусилля окремо, хоча усі зусилля елемент сприймає одночасно. Причину цього роз'яснює професор А.А. Гвоздев у [7, с. 77]: «У загальному випадку для нахилоного перерізу ми маємо систему трьох рівнянь рівноваги: рівнянь рівноваги поперечних сил, моментів і поздовжніх сил у нахилоному перерізі, але методика, яка використовує сумісне розв'язання усіх рівнянь рівноваги не була розроблена завчасно до складання нового розділу СНиП. Тому у відповідному розділі СНиП використовується окремий розрахунок нахилених перерізів на дію поперечних сил і згинальних моментів».

3. Спроби врахувати одночасну дію поперечних сил і згинальних моментів торкнулися тільки пари: осьове зусилля – згинальний момент. У цьому випадку для колон будували область несучої здатності в координатах $\mathbf{N} - \mathbf{M}$ (Рис. 3). Обґрунтуємо, що для пари $\mathbf{N} - \mathbf{Q}$ також існує область несучої здатності елемента:

А. За дії згинального моменту нормальний переріз колони руйнується по розтягнутій арматурі за значного запасу міцності по стиснутій зоні перерізу. Це характерно для колон багатоповерхових каркасних будівель, які, як правило, мають симетричне армування. Додаток осьового зусилля стиску розвантажує розтягнуту зону і довантажує стиснуту зону перерізу, і оскільки стиснута зона має запас міцності, переріз здатний сприймати додатковий згинальний момент. Чим вище значення осьового зусилля, тим більший згинальний момент сприймається перерізом до того часу, поки не буде вичерпана несуча здатність перерізу по стиснутій зоні бетону, тобто до виконання умови $\xi = \xi_R$.

Б. За дії тільки поперечної сили переріз руйнується по розтягнутому бетону і розтягнутій поперечній арматурі у нахилоному перерізі. Додаток осьового зусилля стиску зменшує напруження розтягу в цьому перерізі і переріз здатний сприймати додаткову поперечну силу. Чим вище значення осьового зусилля, тим більша поперечна сила, що сприймається перерізом, до того часу, поки напруження стиску в елементі не викличе мікроруйнування структури бетону, що перетворюються на мікротріщини на межі \mathbf{R}_T^y .

В. Зростання осьового зусилля \mathbf{N} , яке сприймається колоною за $\xi > \xi_R$, можливе тільки за умови зменшення значення згинального моменту. Максимальна несуча здатність колони за сприйняття осьового зусилля можлива тільки за відсутності згинального моменту. Якщо $\mathbf{N} = \mathbf{N}_{per}$, то $\mathbf{M} = 0$.

Г. Зростання осьового зусилля \mathbf{N} , яке сприймається колоною за умови $\mathbf{N}/\mathbf{N}_{per} > \mathbf{R}_T^y$, можливе тільки за умови зменшення значення поперечної сили, а за $\mathbf{N} = \mathbf{N}_{per}$ частка несучої здатності за сприйняття поперечної сили за рахунок бетону повинна бути виключена. Підкреслимо, що на кінцевих ділянках колони, що знаходяться в умовах обмежених поперечних деформацій від дії зусиль стиску в ригелях, мікротріщини від дії осьового зусилля на частини перерізу збігатимуться з напрямом нахилоного перерізу від поперечної сили і моменту. Максимальна несуча здатність колони за сприйняття осьового зусилля можлива за відсутності поперечної сили. Якщо $\mathbf{N} = \mathbf{N}_{per}$, то $\mathbf{Q} = 0$ (рис. 4). Такого висновку, але іншим шляхом, доходять і автори роботи [8], пропонуючи емпіричну залежність для оцінки поперечної сили залежно від рівня осьового зусилля:

$$\mathbf{Q}_{bn} = \mathbf{Q}_b (1 + 3\mathbf{N}/\mathbf{N}_b - 4\mathbf{N}^2/\mathbf{N}_b^2). \quad (4)$$

Очевидно, що межі мікротріщиноутворення, встановлені О.Я. Бергом, достовірніше віддзеркалюють суть механіки руйнування бетону.

На підставі сказаного, пункт 3.31 норм [5] за розрахунком залізобетонних елементів на дію поперечної сили для забезпечення міцності по нахиленій тріщині пропонується доповнити рекомендацією: «Позитивний вплив подовжніх сил стиску на кінцевих ділянках елементів слід враховувати за дотримання умови $N \leq 0,6R_p$. За $N = R_p$ поперечне зусилля, що сприймається бетоном, яке дорівнює 0. За $0,6R_p < N \leq R_p$ поперечне зусилля, що сприймається бетоном, потрібно визначати за інтерполяцією».

Розглядаючи області несучої здатності колони в координатах двох зусиль, важливо наголосити: присутність «другого» зусилля проявляється на несучій здатності колони за сприйняття прикладеного раніше зусилля неоднозначно: знижуючи або підвищуючи її. Але встановити це доволі просто, аналізуючи якісні зміни напружено-деформованого стану в перерізі з доповненням «другого» зусилля. Якщо доповнення «другого» зусилля покращує умови роботи частини перерізу, по якому колона руйнується за дії першого зусилля, можливе зростання першого зусилля (випадок з парою $M - N$ за $\xi < \xi_R$). Якщо доповнення «другого» зусилля погіршує умови роботи частини перерізу, по якому колона руйнується за дії першого зусилля, – спостерігаємо його неминуче зниження (випадок з парою $M - N$ за $\xi > \xi_R$);

Аналогічно доходимо висновку у разі дії пари $Q - N$: доповнення N дає змогу до певного рівня, а конкретніше до $N/N_{per} < R_r^v$, підвищити Q , але доповнення Q можливе тільки за зниження N . І, нарешті, в парі $Q - M$: доповнення M дає змогу до певного рівня підвищити Q , але доповнення Q можливе тільки за зниження M . Відзначимо, що з доповненням M підвищення Q можливе тільки на стиснутій частині перерізу, на відміну від випадку з доповненням N , тому значення коефіцієнта ϕ_n слід зменшити множенням на ξ_R . Області несучої здатності колон для усіх трьох пар зусиль показані на рис. 3, 4, 5.

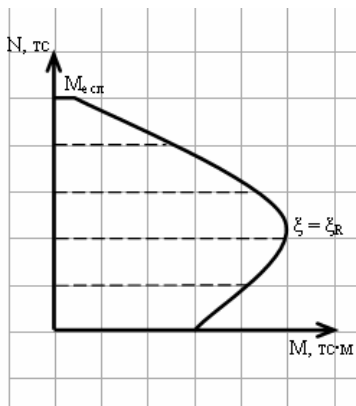


Рис. 3. Области несучої здатності колон в координатах $N-M$

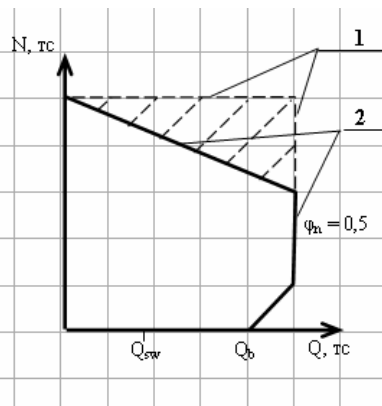


Рис. 4. Области несучої здатності колон в координатах $N-Q$:
1 – за методикою норм [3];
2 – за пропозицією автора

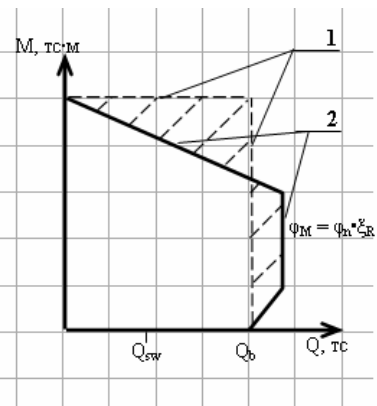


Рис. 5. Области несучої здатності колон в координатах $M-Q$:
1 – за методикою норм [3];
2 – за пропозицією автора

На рис. 4 бачимо дефіцит несучої здатності колон за дії пари $Q - N$ за обчислення перерізу вище межі R_r^v , тобто за $N > 0,6N_{per}$, що допускається нормами, на рис. 5 – дефіцит несучої здатності колон за дії пари $Q - M$ за $M > 0,6M_{per}$, що допускається нормами, і деякий запас по Q за $M < 0,6M_{per}$, що не враховується нормами.

Відмітимо, що дійсні залежності $Q - N$ і $Q - M$ є криволінійними, аналогічно до залежності $M - N$. У інженерних розрахунках з незначним запасом їх зручніше прийняти шматковолінійними.

Розмістивши отримані залежності для трьох пар зусиль в декартових просторових координатах, побудуємо область несучої здатності колон за одночасної дії трьох зусиль (рис. 6).

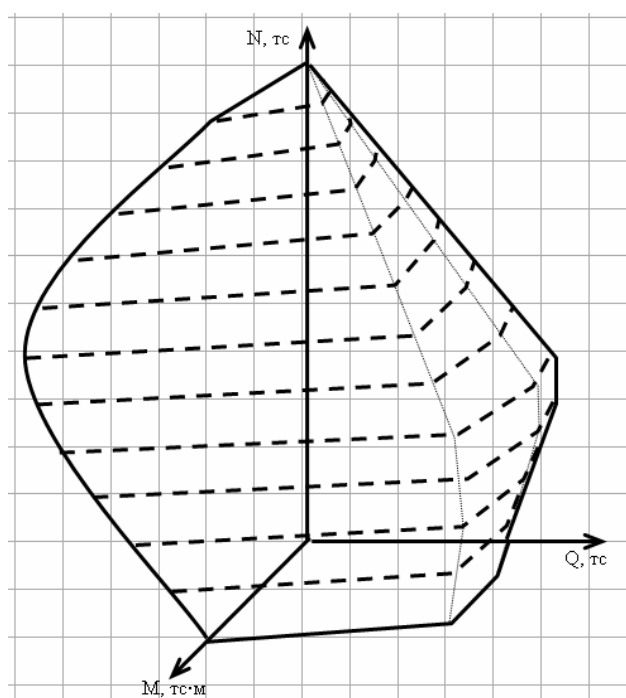


Рис. 6. Область несучої здатності колони за одночасної дії трьох зусиль N , M , Q

Така область несучої здатності колон дає змогу оперативно і точніше визначити дефіцит несучої здатності колон по кожному зусиллю з усіх численних РСУ, отриманих розрахунком просторової системи каркасної будівлі. Знання дефіциту несучої здатності по конкретних зусиллях, своєю чергою, уможливило цілеспрямовано встановити конструктивне рішення найефективніше для посилення колони.

Висновок. На основі механіки руйнування бетону і дедукції запропонований уточнений метод розрахунку несучої здатності кінцевих ділянок стиснуто-зігнутого залізобетонного елемента за сприйняття поперечної сили залежно від рівня осьового зусилля і рівня згинального моменту.

Метод дає змогу оперативно і точніше визначити дефіцит несучої здатності колон по кожному зусиллю з усіх численних РСУ, отриманих розрахунком просторової системи каркасної будівлі. Знання дефіциту несучої здатності по конкретних зусиллях, своєю чергою, уможливило цілеспрямовано встановити найефективніше конструктивне рішення для посилення колони.

1. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений. – К., 2008. – 480 с.
2. Бедарев В.В. Влияние геометрических размеров на характер разрушения железобетонных колонн зданий с гибким первым этажом при сейсмических воздействиях // Бетон и железобетон. – 2003. – № 5. – С. 25 – 28.
3. Панюков С.Э. Анализ напряжённо-деформированного состояния каркасных зданий при изменении расчётной сейсмической интенсивности. Строительство и техногенная безопасность / Сб. науч. тр. НАПКС. – Вып. 23. – Симферополь: НАПКС, 2008. – С. 22 – 30.
4. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. – М.: Стройиздат, 1971. – 204 с.
5. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 48 с.
6. Серия ИИС-04. Рабочие чертежи для строительства каркасно-панельных общественных зданий и жилых домов в районах с сейсмичностью 6, 7, 8 и 9 баллов. –

М.: ЦНИИТЭП, 1971. 7. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций / Под ред. А.А. Гвоздева. – М.: Стройиздат, 1978. – 204 с. 8. Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. Расчёт прочности железобетонных конструкций при различных силовых воздействиях по новым нормативным документам // Бетон и железобетон. – 2002.– № 3. – С. 10 – 13.

УДК 532.582.82

Б.С. Піцишин, В.І. Орел
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра гідравліки та сантехніки

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІН ЗА ДОПОМОГОЮ НАТРІЙКАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗИ

© Піцишин Б.С., Орел В.І., 2009

Для приготування розчинів карбоксиметилцеллюлози використовувалась установка з ексцентричними циліндрами, внутрішній з яких обертався. Одержано зменшення числа Рейнольдса за збільшення ексцентриситету за сталих значень коефіцієнта тертя та збільшення коефіцієнта тертя за збільшення концентрації карбоксиметилцеллюлози за однакових чисел Рейнольдса.

For preparation of solutions of karboksymetylcellulose setting was utilized with eccentric cylinders the internal from which was revolved. Diminishing of Reynolds' number at the increase of excentricity at the permanent values of coefficient of friction and increase of coefficient of friction at the increase of concentration of karboksymetylcellulose at the identical Reynolds' numbers are got.

Вступ. Поверхнево-активні речовини (ПАР) хоча і утворюють густі піни, але їхня стійкість не повністю відповідає вимогам пожежної безпеки. Стійкість пін можна підвищити, вводячи в розчини ПАР малі кількості речовин, які самі не утворюють піну. Але здебільшого ці добавки необхідно вводити не в робочі розчини, а в концентровані піноутворювачі. У робочих розчинах цієї речовини міститься близько 0,1 %, але і в такій кількості вона повинна значно підвищити стійкість піни. Добавки, що збільшують стійкість пін, поділяють на такі групи [1]:

- 1) загущувальної дії, тобто ті, що підвищують в'язкість розчину піноутворювача, завдяки чому зменшується швидкість зневоднення піни;
- 2) ті, що беруть участь в побудові адсорбційних шарів;
- 3) ті, що створюють в розчині структури, елементи яких переходять в плівки пін, перешкоджаючи їхньому зневодненню;
- 4) вибіркової дії, що підвищують стійкість пін на певній межі розділу.

До першої групи належать гліцерин, етиленгліколь, триетаноламін, метилцелюлоза, натрійкарбоксиметилцелюлоза (Na-КМЦ). Деякі з них, наприклад метилцелюлоза і Na-КМЦ, під час введення у водні розчини ПАР у кількості 1 % збільшують в'язкість композицій в десятки разів. Під час введення Na-КМЦ у кількості 0,5 % спостерігається збільшення стійкості піни лише для аніон-активних речовин.

Крім того, під час введення Na-КМЦ, поліакриламід (ПАА), моноалкілоламід та інших речовин змінюється поверхневий натяг.

Різні добавки не однаково змінюють в'язкість розчинів ПАР із збільшенням їхнього вмісту у розчині. Для ПАА, поліакрилату натрію, метилцелюлози, поліоксиетилену, Na-КМЦ спостерігається значне зростання в'язкості, очевидно, внаслідок утворення структури, що підвищує