

- Давиденко, П.М. Костенко // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2005. – Вип. 12. – С. 69 – 72.
2. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: навчальний посібник / І.І. Назаренко. – 2-е видання. – К.; 2010. – 440 с.
 3. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М.Баженов. – М.: АСВ, 2003. – 500 с.
 4. Жигилий С.М. Применение критериев подобия при математическом моделировании технологической вибромашины / С.М. Жигилий // Вопросы вибрационной технологии: межвуз. сб. науч. ст. – Ростов н/Д: Издательский центр «ДГТУ», 2006. – С. 163 – 166.
 5. Сердюк Л.І. Теорія розмірностей, теорія подібності та математичне моделювання: посібник для студентів та аспірантів / Л.І. Сердюк. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – 154 с.
 6. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: навчальний посібник / І.І. Назаренко. – К.: КНУБА, 2007. – 230с.
 7. Пат. 33711 Україна. МПК (2006) В28В 1/08. Пристрій для ущільнення виробів із бетонних сумішей / М.П. Нестеренко, О.В. Орисенко, М.М. Нестеренко (Україна). - № u 2008 02245; Заявка 21.02.08; Опубл. 10.07.08, Бюл.№13. – 4 с.
 8. Маслов А.Г. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве / А.Г. Маслов, В.М. Пономарев. – К.: Будівельник, 1985.–128 с.

УДК 691.33

Шабанова Г. М.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

Кисельова С. О.

Український державний університет залізничного транспорту

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У ТЕХНОЛОГІЇ АВТОКЛАВНИХ СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Бетони автоклавного твердіння, зокрема силікатні бетони, знаходять широке застосування у сучасному будівництві. Виробництво стінових силікатних матеріалів широко розповсюджено як у світі, так і в Україні. Розповсюдженість та постійний попит на силікатну цеглу забезпечують її відносну дешевизну, високі експлуатаційні характеристики: міцність, морозостійкість, тощо. Сировиною для виробництва силікатної цегли є природні матеріали, що забезпечують її екологічність.

Процес гідротермального синтезу полягає в тому, що речовина кристалізується з високотемпературних водних розчинів при високих тисках водяної пари у спеціальному пристрої – автоклаві. Уперше про гідротермальне вирощування кристалів кварцу доповів німецький геолог К.Е. Schafhäütl у 1845 р.; Р. Бунзен у 1848 р. повідомив про вирощування кристалів барію і стронцій карбонату; у 1849 і 1851 рр. французький кристалограф Г. де

Сенармон отримав кристали різних мінералів за допомогою гідротермального синтезу [1]. Основою для виготовлення силікатної цегли став патент на «спосіб виготовлення штучних вапняно-піщаних каменів...», отриманий у 1880 р. німецьким дослідником В. Міхаелісом [5].

Основними компонентами сировинної силікатної суміші є повітряне вапно (10 – 15 мас. %), кварцовий пісок (80 – 90 мас. %) і вода, яку використовують на кожній стадії виробництва: при гасінні вапна, приготуванні силікатної маси, пресуванні і одержанні технологічної пари. На сьогодні технологічний цикл виробництва силікатної цегли триває від 12 до 18 годин, у той час як для керамічної цегли потрібно 5 – 6 днів. Можна частково або повністю замінювати основні компоненти на тверді відходи виробництв (шлами, шлаки, золи), що сприяє економії матеріальних та енергетичних ресурсів.

Силікатну цеглу-сирець обробляють в автоклаві під тиском 0,8 – 1,5 МПа. За С.А. Кржемінським, процеси, які відбуваються в автоклаві, поділяють на п'ять етапів: 1 – впуск пари в автоклав до встановлення температури 100 °С, при цьому теплота пари витрачається на нагрів стінок автоклава, вагонеток та виробів, різке нагрівання може призвести до тріщиноутворення; 2 – з моменту підйому тиску в автоклаві до досягнення максимального тиску, при цьому процес теплообміну прискорюється, що зменшує температурні перепади; 3 – ізотермічна витримка виробів при постійному тиску, тривалість якої залежить від вимог до якості виробів та від тиску; 4 – зниження тиску, при різкому зниженні тиску в автоклаві можливі значні перепади тисків і температури, що може призвести до бурхливого пароутворення і появи тріщин у виробках; 5 – охолодження виробів з температури 100 °С до 18 – 20 °С [2].

При автоклавній обробці вапняно-піщаних сумішей у гідротермальних умовах кристалізуються гідросилікати кальцію (ГСК, CSH-фази), для яких характерно: варійоване співвідношення C / S (від 0,44 у К-фазі до 3,0 у джафеті); складна структура, яка відрізняється від малокристалічної до аморфної; розвинена поверхня (100 – 700 м²/г; у рамках складної структури внесок у міцність окремих фаз вносять ковалентний / йонний зв'язок (близько 65 %) та сили Ван-дер-Ваальса (близько 35 %) [3]. При гідротермальній обробці силікатних сировинних сумішей характерне формування кристалічних CSH-фаз, для яких на теперішній час відомо 40 кристалічних форм, зокрема: афвілліт (C / S = 1,5), тоберморіти 9Å, 11 Å, 14 Å (C / S = 0,75 – 0,83), ксонотліт (C / S = 1,0), гілебрандит (C / S = 2,0), океніт та некойт (C / S = 0,5 – 0,55), гіроліт (C / S = 0,66) та багато інших [4]. Для отримання силікатних матеріалів з високими характеристиками міцності бажано створювати умови для кристалізації малоосновних гідросилікатів, таких як CSH(V), тоберморит, ксонотліт, які мають волокнистий чи голчастий габітус.

У залежності від співвідношення концентрацій CaO : SiO₂ в рідкій фазі, дисперсності сировини та умов твердіння,

процес гідrataції може перебігати за схемою

$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{SiO}_2 + (n - 1) \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O},$$

з утворенням малоосновних CSH-фаз, або за схемою

$$2\text{Ca(OH)}_2 + \text{SiO}_2 + (n - 2) \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$$

з утворенням багатосновних фаз [5].

Закономірності взаємодії компонентів в системі CaO – SiO₂ – H₂O присвячено велику кількість досліджень, в яких простежується два основних погляди на механізм гідrataції в'язучих [3, 6, 7]:

1) кристалізація новоутворень крізь розчин – безводні сполуки розчиняються на безводні іонні структурні складові що, як наслідок, призводить до випадіння із розчину продуктів з низькою розчинністю;

2) топохімічний механізм – гідrataція твердих часток відбувається на поверхні безводних сполук без переходу в розчин.

Інтенсифікувати процеси фазо- та структуроутворення в системі «вапно – пісок – вода» та поліпшити основні технічні характеристики автоклавних виробів можна застосуванням високодисперсних сировинних матеріалів та різноманітних добавок: кремнеземвмісних відходів, металургійних шлаків, зол, шлаків, добавок неорганічних солей з ізоморфними структурі CSH – фаз аніонами, тощо.

Галузь виробництва силікатної цегли споживає біля 12,5 % від загального обсягу спожитого в Україні енергоємного матеріалу – вапна, питомі витрати на 1 тис. шт. умовної цегли складають: пари – 670 кг, електроенергії – 36 кВт·год; в ході загального циклу роботи автоклаву споживається 9,9 т пари [8, 9]. При виробництві силікатної цегли атмосферне повітря забруднюється шкідливими речовинами (CO, NO₂, SO₂, неорганічний пил та ін.) та парниковими газами (CO₂).

Найактуальнішою проблемою сучасності є глобальні кліматичні зміни, викликані надмірним антропогенним навантаженням на навколишнє природне середовище. У грудні 2015 р. відбулася 21 конференція учасників рамкової конвенції ООН по зміні клімату (UNFCCC), результатом

якої стала «Паризька угода», яку ратифікувала й Україна. Метою угоди стало обмеження темпів зростання середньої світової температури до $+1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ від доіндустріальних рівнів [10, 11]. Одним із шляхів розв'язання проблеми глобальних кліматичних змін та забруднення навколишнього природного середовища є створення енергоефективних та ресурсозберігаючих технологій, зокрема, у галузі виробництва автоклавних силікатних матеріалів.

Мета дослідження полягає у вирішенні прикладної задачі розробки складів силікатної цегли, модифікованих добавками на основі промислових відходів та / чи розчинів деяких солей електролітів без погіршення техніко-експлуатаційних характеристик готових виробів, виготовлених за енергоефективним режимом гідротермальної обробки.

Для досягнення мети були досліджено вплив добавок промислових відходів та / чи розчинів деяких солей електролітів на характеристики міцності силікатного матеріалу та процеси фазоутворення при варійованих режимах гідротермальної обробки.

Основні сировинні матеріали силікатної суміші:

- мелене грудкове вапно, дисперсність якого відповідала проходу крізь сито 900 отв/см² (ТОВ «Завод ЗЖК» корпорації «Харківські будівельні матеріали»). Активність, температура гасіння та час гасіння вапна, встановлювались за стандартними методиками: активність вапна – від 81,0 до 91,0%, температура гасіння – від 71 до 96^oC, час гасіння – від 2 до 4 хв.;

- дрібний пісок з модулем крупності 1,263 (с.м.т. Первухінка, Богодухівський район, Харківська обл.).

Як добавки до силікатної суміші обрані:

- відхід помольних тіл (ВПТ) з питомою поверхнею 1709 м²/кг, який містить, в основному, силіцій діоксид у модифікації β-кварцу [12];

- мелений доменний відвальний шлак (МДВШ), у якому методом рентгенофазового аналізу (РФА) визначено наявність мінералів, що виявляють в'язучі

властивості самі по собі, або при гідротермальній обробці, або у присутності активаторів (SiO₂, лугів, гіпсу, сульфат-іонів) – геленіт, меліліт, окерманіт, α-CaSiO₃ (псевдоволластоніт), β-Ca₂SiO₄ (ларніт), γ-CaSiO₃, трикальцієвий силікат. Основними оксидами МДВШ є, мас. %: CaO – 46,41; SiO₂ – 38,89; Al₂O₃ – 7,48; MgO – 5,39;

- сухий кремнеземвмісний шлак (КШ) з розвиненою поверхнею, питома площа становить 2328,3 м²/кг, основні хімічні елементи шламу, мас. %: Na – 5 – 7, Al – 1,8; Si – 59,3, Cl – 7,0, Ca – 14,2, інші – 1,42. РФА показав наявність фаз NaCl, кристалічної фази CaCO₃, та рентгеноаморфного SiO₂. Шлак, в основному, містить оксиди, мас. %: SiO₂ – 66,4; CaO – 5,5; Al₂O₃ – 1,66; присутні сліди Na₂O;

- розчини електролітів з масовою концентрацією 2% AlCl₃·6H₂O, MgSO₄·7H₂O, MgCl₂·6H₂O, BaCl₂·2H₂O, CaCl₂ (у перерахуванні на безводні сполуки).

Для одержання силікатних сумішей готували в'язуче із меленого вапна і дрібнодисперсних промислових відходів, яке піддавали помелу до проходу крізь сито № 008. У випадку, якщо в'язуче готувалося тільки із вапна та активної кремнеземвмісної добавки (ВПТ, КШ), то витримувалося співвідношення C/S = 1/1. В'язуче ретельно змішували з піском та зволожували водою або розчинами електролітів. Через 50 – 60 хв. суміш додатково зволожували і витримували до повного гасіння вапна. Із сировинної суміші пресуванням під тиском 15 МПа формували зразки-куби, які піддавали гідротермальній обробці в лабораторному вертикальному автоклаві при варійованих технологічних режимах гідротермальної обробки. За загальноприйнятими технологічними параметрами автоклавовання прийнято тиск водяної пари 0,8 МПа, час витримки зразків під тиском – 8 год. Склади сировинної суміші та результати випробувань границі міцності на стиск наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати випробувань зразків силікатної цегли

№ складу	Склад сировинної суміші, мас. %					Зволожуюча рідина	Режим автоклавування		Межа міцності на стиск, МПа	
	Склад в'язучого						Пісок	тиск, МПа		час, год
	вапно	мелений пісок	ВПТ	ШДВМ	КШ					
1.	10,5	10,5	-	-	-	79,0	H ₂ O	0,8	8,0	33,0
2.	10,5	10,5	-	-	-	79,0	H ₂ O	0,6	6,0	9,0
3.	10,5	-	10,5	-	-	79,0	H ₂ O	0,8	8,0	37,0
4.	10,5	-	10,5	-	-	79,0	H ₂ O	0,6	6,0	19,0
5.	10,5	-	10,5	-	-	79,0	MgCl ₂	0,6	6,0	34,0
6.	10,5	-	10,5	-	-	79,0	CaCl ₂	0,6	6,0	27,0
7.	10,5	-	10,5	-	-	79,0	BaCl ₂	0,6	6,0	27,0
8.	10,5	-	10,5	-	-	79,0	AlCl ₃	0,6	6,0	37,0
9.	6,0	-	10,0	5,0	-	79,0	H ₂ O	0,6	6,0	29,0
10.	5,0	-	10,0	6,0	-	79,0	H ₂ O	0,6	6,0	30,0
11.	4,0	-	10,0	7,0	-	79,0	H ₂ O	0,6	6,0	28,0
12.	5,0	-	10,0	6,0	-	79,0	MgCl ₂	0,6	6,0	37,0
13.	5,0	-	10,0	6,0	-	79,0	CaCl ₂	0,6	6,0	33,0
14.	5,0	-	10,0	6,0	-	79,0	BaCl ₂	0,6	6,0	33,0
15.	5,0	-	10,0	6,0	-	79,0	AlCl ₃	0,6	6,0	26,0
16.	5,0	-	10,0	6,0	-	79,0	MgSO ₄	0,6	6,0	40,0
17.	5,0	-	10,0	6,0	-	79,0	Al ₂ (SO ₄) ₃	0,6	6,0	37,0
18.	10,0	-	-	-	14,0	76,0	H ₂ O	0,8	8,0	37,0
19.	10,0	-	-	-	14,0	76,0	H ₂ O	0,6	6,0	27,0

Міцність зразків силікатної цегли на основі в'язучого з добавкою відходу помольних тіл (№ 3) зростає до 37,0 МПа при режимі автоклавування 0,8 МПа – 8 год. Це пояснюється наявністю високоактивного дрібнодисперсного силіцій діоксиду з розвиненою поверхнею. CSH – фази формуються у більшій кількості, ступінь їх кристалічності збільшується. Отже, доцільно вводити ВПТ у склад в'язучого для силікатної цегли.

При параметрах автоклавування 0,6 МПа – 6 год, зразки з добавкою ВПТ (№ 4) мають у двічі більшу міцність (19 МПа) порівняно з вапняно-піщаними (№ 2), що вказує на формування малоосновних CSH – фаз на більш ранніх стадія гідротермальної обробки.

Усі зразки силікатної цегли з комплексною добавкою із ВПТ і 2 % хлоридів лужно-земельних металів (№№ 5 – 7) або

AlCl₃ (№ 8) при енергозберігаючому режимі 0,6 МПа – 6 год показали різке зростання міцності. Це вказує на прискорення процесів фазоутворення в силікатній суміші, що пояснюється впливом добавок на розчинність вихідних компонентів – вапна та піску, на коагуляційну стійкість реагентів та продуктів реакції, що змінює кінетику формування CSH – фаз. Максимальний вплив на міцність показали розчини MgCl₂ (№ 5) – 34,0 МПа та AlCl₃ (№ 8) – 37 МПа, що пояснюється малим іонним радіусом катіонів Mg⁺² і Al⁺³, які легко вбудовуються у кристалічну ґратку ГСК.

Заміна частини вапна у в'язучому на мелений доменний відвальний шлак (№№ 9 – 11) позитивно вплинула на міцність зразків при знижених до 0,6 МПа – 6 год параметрах автоклавування, що пояснюється в'язучими властивостями мінералів

МДВШ, які додатково активуються добавкою активного креземвмісного ВПТ у в'язучому, лужною активацією шлаку та гідротермальними умовами. Найбільш високий показник міцності 30,0 МПа виявився при заміні 50 % вапна на МДВШ (№ 10), що втричі перевищує міцність аналогічних зразків на вапняно-піщаному в'язучому (№ 2).

Як і при дії добавок розчинів хлоридів лужноземельних металів на міцність зразків з добавкою ВПТ (№№ 5 – 7), розчини хлоридів позитивно вплинули на зразки цегли, виготовлені на основі комплексної добавки із ВПТ та МДВШ (№№ 12 – 14). Але максимальні значення міцності 40,0 МПа (№ 16) та 37,0 МПа (№ 17) показали зразки з добавками розчинів $MgSO_4$ та $AlCl_3$ відповідно, що можна пояснити сумациєю позитивного впливу катіонів та аніонів, ізоморфних кристалічній ґратці CSH – фаз.

При загальноприйнятому режимі автоклавування 0,8 МПа – 8 год, зразки з добавкою сухого кремнеземвмісного шламу (№ 18) показали міцність 37,0 МПа, що перевищує міцність аналогічних вапняно-піщаних зразків (№ 1) на 12 %. Незважаючи на те, що міцність зразків, виготовлених при енергозберігаючому режимі 0,6 МПа – 6 год (№ 19) складає 27 МПа, цього цілком достатньо для виготовлення силікатної цегли марок 200 – 250 за ДСТУ Б В.2.7.80-98. Високі показники міцності можна пояснити тим, що добавку КШ можна розглядати, як комплексну, оскільки поряд з дрібнодисперсним активним кремнеземом, вона містить натрій хлорид, який при розчиненні в воді утворює катіони Na^+ та хлорид-іони. Позитивно заряджені катіони Na^+ сприяють коагуляції негативно заряджених міцел гідросилікатів кальцію, що прискорює процеси їх кристалізації. Наявність хлорид-іонів прискорює процес перетворення вапна в гідросилікати кальцію, що пояснюється концентраційною коагуляцією колоїдних частинок ГСК, наслідком чого стає ущільнення та зміцнення контактів між ними та поверхнею зерен піску [7].

Отже, в ході досліджень розроблено склади сумішей силікатної цегли, модифікованих добавками на основі комплексу промислових відходів та розчинів електролітів, які дозволяють отримати силікатну цеглу при енергоефективних технологічних параметрах автоклавування 0,6 МПа – 6 год із збереженням високих техніко-експлуатаційних властивостей. Якщо за базовий режим гідротермальної обробки прийняти 0,8 МПа – 8 год, то для цеха з дев'ятьма автоклавами, при загрузці одного автоклава 12900 шт. цегли, річна економія природного газу буде складати 3355,902 тис. m^3 /рік [13].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Byrappa K., Yoshimura M. Handbook of Hydrothermal Technology. – Norwich, New York: Noyes Publications, 2001. – 79 p. – [e-resource] Access mode. – URL: <http://www.coema.org.cn/bbs/UploadFile/2009-1/200911210302664295.pdf> (data 02.09. 2016).
2. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М., Строительные материалы: учебн. для студ. строит. специальн. высш. учебн. завед. – М.: Стройиздат, 1986. – 688 с.
3. Kerttis K. Portland Cement Hydration: presentation / School of Civil Engineering Georgia Institute of Technology Atlanta, Georgia. – [e-resource]. – Access mode. – URL: <http://people.ce.gatech.edu/~kk92/hyd07.pdf> (data 10.10.2016).
4. Garbev K., Struktur, Eigenschaften und quantitative Rietveldanalyse von hydrothermal kristallisierten Calciumsilicathydraten (C-S-H-Phasen): Dissertation... – Forschungszentrum Karlsruhe Wissenschaftliche Berichte: Bd. FZKA 6877, 2004. – 241 p.
5. Бутт Ю.М., Рашкович Л.Н. Твердение вяжущих при повышенных температурах. – М.: Госстройиздат, 1969. – 232 с.
6. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов: учебник для хим.-технол. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.
7. Плугін А.А., Плугін А.М., Кагановський О.С., Градобоев О.В. Колоїдна хімія та фізико-хімічна механіка як основа виробництва ресурсозберігаючих мінеральних в'язучих речовин та високоефективних композиційних матеріалів на їх основі // Збірн. наук. праць УкрДАЗТ – 2013. – Вип. 138. – С. 7 – 19.

8. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича. – М.: Стройиздат, 1982. – 384 с.
9. Радченко М.І., Сирота О.А., Макарова О.В. Підвищення екологічної безпеки та енергетичної ефективності виробництва силікатної цегли // Наук. зап. НаУКМА. – 2005. – Т. 43. – (Серія: Біологія та екологія) – С. 71 – 76.
10. Framework Convention on Climate Change: Unated National / Conference of the Parties Twenty-first session Paris, 30 November to 11 December 2015. - FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. – 32 p. – [web-resource]. – Access mode. – URL: <http://unfccc.int/resource/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (date 25.10.2016).
11. Паризька угода / ООН; Угода; Міжнародний документ від 12.12.2015, ратифікація від 14.07 2016: офіційний переклад. – [web-resource]. – Режим доступу. – URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/995_16_1 (дата звернення 25.10.2016).
12. Корогодская А.Н., Шабанова Г.М., Гуренко И.В. и др. Использование отходов химического производства при изготовлении барийсодержащих цементов на их основе // Строительные материалы. – 2004. – № 3. – С. 14.
13. Кошельник В.М., Шабанова Г.М., Кисельова С.О., Визначення теплової ефективності виробництва силікатної цегли при зміні температурного режиму автоклава // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит (Energy saving. Power engineering. Energy audit). – Харьков: НТУ «ХПИ». – №05 (99). – 2012. – С. 17 – 22.

УДК 666.97.033.16

Нестеренко М.П., Педь Д.С., Нестеренко Т.М.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОЛИВАНЬ ВІБРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ У РЕЖИМІ ХОЛОСТОГО ХОДУ

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Досить широкого поширення при формуванні залізобетонних виробів набуло розроблене у ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка вібраційне обладнання з просторовими коливаннями робочого органа [1,2], удосконалення котрого може проводитися на підставі аналітичних досліджень з врахуванням фізико-механічних характеристик ущільнюваного середовища і визначенням на їхній основі раціональних параметрів вібраційної площадки та режимів вібраційної дії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. У розрахунках вібраційного обладнання для формування залізобетонних виробів використовуються різні підходи до складення математичних моделей, про що свідчать публікації різ-

них років. Відомі математичні моделі можна умовно розподілити на дві групи: плоскі динамічні моделі руху робочого органу, що розглядають рух у вертикальній або горизонтальній площині [3–10], та просторові – які розглядають рух робочого органа в просторі [11–15].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У математичних моделях вібраційних машин, у яких розглядаються просторові коливання робочого органа, бетонна суміш ураховується у вигляді твердого тіла як приєднана маса до коливальної системи [7-9]. У "плоских" математичних моделях розглядається вплив бетонної суміші на поглинання енергії з урахуванням її реологічних властивостей [3-4, 10]. Питання врахування впливу реологічних властивостей бетонних сумішей на процес формування