

Цементті материалдарды даярлауда автоматтандырудағы ахуалды зерделеудің кейбір жолдары

¹ШАЙКЕЖАН Амангельды, т.ғ.д., профессор, shikg_a@mail.ru,

^{1*}ХАН Максим Александрович, т.ғ.м., аға оқытушы, han_maks@mail.ru,

¹МАЙКОТОВА Камилля Канапиевна, т.ғ.м., ассистент, kamilya1709@gmail.com,

²СЕРДЮК Василий Романович, т.ғ.д., профессор, modser@vstu.vinnica.ua,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

²Винница ұлттық техникалық университеті, Украина, Винница, Хмельницкий тас жолы, 95,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Силикат байланыстырғышы негізіндегі бетон сияқты композиттердің құрылымының теориялық негізі мен технологиясы өңірінде сипаттамалық зерттеуден аналитикалық зерттеуге көшу үрдісі байқалды. Құрылыс материалдары мен конструкцияларының технологиясы үшін, демек, практикалық, инженер-техникалық және экономикалық мәселелерді тиімді шешуде зат пен энергияның түрленуін теориялық негіздеу саласындағы іргелі ғылымдардың зерттеулерінің нәтижелері, жүйелік мәселелерді шешу әдістемесі, автоматтандырудың әдістері мен құралдары пайдаланылды. Жұмыстың мақсаты – фосфор қожына негізделген цементті материалдарды өндіру технологиясының ақпараттық негізінің құрылымын қалыптастыруда автоматтандыру үрдісін жетілдіру. Цементтеуші минералдардың туындауын шешудегі логикалық қадамдарды анықтауда, білімді ұсынуға, материалдарды даярлағанда автоматтандырудың мүмкіншілігін талдауда фактілер мен қатынастарды құрылымдау әдістері қолданылды. Құрылымдық элементтерді сипаттау және олардың концептуалды шектеулері тұрғысынан балшықсыз шихтадан цемент алу технологиясын зерттеу барысында алынған тәжірибелі материалдар талданылды. Цемент материалдарын өндіру мен пайдалануды басқарудағы автоматтандыру үрдісінің мәселелерін шешуге арналған сыныптарды, нысандарды, олардың атрибуттары мен қатынастары анықталынды.

Кілт сөздер: цемент, фосфор қожы, семантика, ақпараттық модел, клинкер, химиялық құрам, физикалық қасиеттер, құрылымдау, бетон бұйымдары, өңдеу, автоматтандыру.

Кіріспе

Цемент өнеркәсібінің қарқынды дамуы, өнім көлемі, техникасы мен технологиясы бойынша құрылыс материалдары өнеркәсібі маңызды салаларының бірі болып табылатын ірі құрама темірбетон өнеркәсібін құруға мүмкіндік берді. Техника мен технологияда кибернетика, оның ішінде автоматтандыру сияқты бағыттың кең қолданылуы жағдайында эксперименталды нәтижелерді теориялық тұрғыдан нығайтуға мүмкіндік беретін пәнаралық зерттеу тәсілі айқын болуда [1]. Құрылыс материалдары мен технологиясы ғылым саласында кибернетиканың ғылыми бағытын практикалық қолдануға тенденция байқалатыны [2-5] жұмыстарында көрініс тапқан. Дегенмен де саланы автоматтандыруды үрдісте пайдаланудың аспектілеуі кеміш қалып жатады. Сонымен қатар, құрылыс материалдарының байланыстырғыштары өнеркәсібінің минералды қалдықтарды кешенді пайдалану үшін химия, тау-

кен және металлургия салаларымен байланысу мәселесі соңғы уақытта бірінші кезектегі маңызды мәселеге айналуынан туындайтын сұрақтардың шешімін іздеуді автоматтандыру жолын айқындауды қажет етеді.

Жұмыстың мақсаты – фосфор қожына негізделген цементтік материалдың ақпараттық құрылымдарын қалыптастыруда және темір-бетон бұйымдарын өндіру үрдісінде автоматтандыру шараларын қарастыру.

Қойылған мақсатқа жету үшін пәндік аймақ анықталып алынуы қажет, өндіріс қалдығына негізделген цементтерді алу технологиясын басқару нысандарының деңгейлерін қарастырып, шешім қабылдауға қажетті концептуалді үлгілерін әзірлеу үшін қажетті білімді ұсыну.

Зерттеу әдістері

Цементтеуші минералдардың туындауын шешудегі логикалық қадамдарды анықтауда,

білімді ұсынууда, материалдарды даярлағанда автоматтандырудың мүмкіншілігін талдауда фактілер мен қатынастарды құрылымдау әдістері қолданылды.

Нәтижелер мен талқылаулар

Басқару нысаны ретінде цемент таралуы ең көп материалға жатады және өндірілуінің күрделілігімен сипатталады. [6]-да баяндалған фосфор қожы негізіндегі жаңа цементтің технологиясына байланысты айтатын болсақ, басқару нысанының көп деңгейлі құрылымы бар: фосфор қожы – I-ші, әктас – II-ші және фосфор қожы мен әктас араласпасы – III-ші деңгей; жағдайды фактілер жиынтығы ретінде, яғни, қож 90% волластониттен тұратындығын, фосфор мен фтор кірмелері бар екендігін, кәдімгі портландцементке қарағанда CaCO_3 -тің мөлшері 10-15%-ға аз жұмсалатындығы, CO_2 -нің мөлшері 15%-ға төмендейтіндігі, клинкердің ҚЕ-ін 1-ге таман ұстау керектігі, C_3S 80-90%, C_3A 6%-ды құрайтындығы және шихтаны жылумен өңдеу температурасы 1400°C -ден төмен екендігін баяндау қажет. Проблемалық аймақ туралы ақпарат негізінде қорытынды жасау үшін оны арнайы білім қорында сақтайды. Мәліметтер базасы ақпаратты өңдеудің автоматтандырылған жүйелерінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады және шешуі үшін көрсетілген автоматтандырылған жүйе құрылатын міндеттерді ақпараттық қамтамасыз ету үшін қызмет етеді: құрылыс индустриясын басқару, деректерді өңдеу, ақпаратты есептеу т.с.с.

Цементке қатынасты автоматтандыруда өте қажет формалды жүйені түзуде келесідей ақпараттармен нақтылай түсу жөн:

- формалды жүйенің бірінші элементі А көптеген базалық элементтер $\text{CaO}_{\text{қож}}$, $\text{CaO}_{\text{әктас}}$, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , P_2O_5 және CaF_2 -ден құралады;

- синтаксис ережелері Р-нің көмегімен жоғары келтірілген элементтерден цементтеуші фазалар: C_2S , C_3S , C_3A және C_4AF дұрыс жиынтығы құрастырылады – бұл формалды жүйенің екінші элементі;

- формалды жүйенің үшінші элементі аксиомалар Н ретінде температура мен жылумен өңдеудің режимін атап көрсету орынды. Өйткені олар көрсетілген фазалармен априори ұйғарылады;

- формалды жүйенің соңғы элементі семантикалық ережелер немесе қорытынды қағида П. Оның көмегімен аксиомалардан шығатыны синтаксис ережелері Р-нің шеңберінде цемент клинкерінің түзілуі.

Сонымен, математикалық логиканың тілінде процедураларды осы төрттікпен (А, Р, Н, П) формалді жүйе арқылы сипатталатын болды. Ал автоматтандыру тұрғысынан алғанда алгоритмдік тілге көшу қажет. Оның алдында қойылған мәселеге сай моделді дайындап алу керек. Біздің мақсатымызға моделдің ақпараттық түрі ұтымды келеді. Бұл жағдайда модельдеудің дәлдігі мен сәттілігі тек нысанды, оның сипаттамаларын және

олардың арасындағы байланыстарды сипаттаудың дәлдігімен анықталады.

Жоғарыда келтірілген фосфор қожы негізіндегі цементті алуға байланысты келесідей ақпараттар модельді анықтау ауқымына сияды: тұтынуға алынған жентекті фосфор қожы құрамындағы көптеген минералдардың

$$M_j = \{M_{j1}, M_{j2}, \dots, M_{j\max}\}$$

физикалық қасиеттерімен

$$F_j = \{F_j(M_{j1}), F_j(M_{j2}), \dots, F_j(M_{j\max})\}$$

және химиялық қасиеттерімен

$$R_j = \{R_j(M_{j1}), R_j(M_{j2}), \dots, R_j(M_{j\max})\}$$

сипатталады.

Өңдеудің әрбір i -ші кезеңі ($1 \leq i \leq N$) әртүрлі балама технологиялық үрдістермен

$$T_i = \{T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{i\max}\}$$

баяндалады.

Өңдеу нәтижесінде фазалық қатынасы әртүрлі көптеген клинкерлер

$$K = \{K_1, K_2, \dots, K_{\max}\}$$

өндіріледі.

Жоғарыда атап өткен фосфор қожы негізіндегі жаңа цемент клинкеріне байланысты білімді ұсыну тәсіліне тоқталсақ. Бұл күрделі нысанның құрылымы «сынып – элемент» түрінің қатынасын көрсетеді. Білімді ұсыну тілін құрудың негізі ретінде бірнеше анықталған элементтерді бөліп көрсету қажет. «Қоспа» сыныбы ұғымы, тиісінше, электртермофосфор (ЭТФ) қожы және әктас аталымды элементтердің екі бірлігімен байланысты. Келесі иерархиялық деңгейде ЭТФ қожы – волластонит, псевдоволластонит, геленит, анортит және куспидин делінген элементтер үшін, ал әктас – әк аталымы үшін сынып болып табылады. Өз кезегінде, аталмыш минералдар анықталған элементтер ретінде келесідей аталымды: SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , SO_3 , P_2O_5 оксидтерін және F-ды қамтиды. Еске сала кетейік, әрбір ақпараттық элементтің сипаттамасы екі бөліктен: осы бірлікке қатысты ақпараттардан және сыныптарға (элементтерге) сілтемелерден тұрады. Қарастырылып отырған байланыстар ақпараттың жеке бірліктері (фактілер, үрдістер, құбылыстар) арасындағы заңдылықтарды орнатуға бағытталған, сондай-ақ ахуалдың құрылымын анықтайды.

Құрылымдау нысандар мен үрдістер туралы білім моделін құрумен тығыз байланысты. Реляциялық тілмен білімді сипаттау байқалатын ахуалдар жайындағы мәтіндік ақпаратты компьютерде өте тиімді көрсетуге мүмкіндік береді. Білім жолындағы алғашқы қадам элементтер арасындағы негізгі семантикалық қатынастарды анықтау және машинаға жеткізу болып табылады.

Волластониттің ($\beta\text{-CaSiO}_3$) әк компонентімен келесі реакцияларында Гиббс бос энергиясының өзгеруін [5] анықтауға байланысты есептерді ком-

пьютерде шешуді қарастырайық:



Екі бөлік сияқты кесте бүкілдей жадқа енгізіледі. Көлденең сызықтың үстіндегі бөлікте атрибуттар тізімделеді. Мәселен, кестеде олардың сегізі бар, олар кестенің сәйкес бағанының атауы болып табылады. Кестенің екінші бөлігі жолдардан тұрады да, олардың әрқайсысы жеті элементтен құралады. Қалың сызықтың оң және төменгі жағында орналасқан бұл жолдарды көптеген элементтерге берілген қатынас ретінде қарастыру керек. Сонда кестенің сол бағанасының элементтерін қатынастардың атауы ретінде қабылдағанда, кестенің әр жолына өз атауы сай келеді. Атрибуттар мен қатынас аттары компьютерге оған енгізілген ақпаратты мағыналы деңгейде түсіндіруге мүмкіндік береді.

Шешілетін тапсырмалар сыныбы «түсіндіру + бақылау және басқару» ретінде анықталады. Сонымен қатар, жүйедегі білім өнімдер жүйесі түрінде берілетіндігі ыңғайлы деп қабылданды. Бұл тіл процедуралар мен оларды қолдану шарттары туралы ақпаратты тікелей көрсетеді.

Берілген ақпаратты мағыналы өңдеу проблемалық аймақтың моделін жасау үшін оларды символдық жүйеге аударумен байланысты тәсілді талап етеді.

Бір жағынан, байланыстырғыш заттардың физика-химиясы, екінші жағынан, бетон және керамикалық материал өндірісіндегі автоматика мен автоматтандыру пәндері циклының айырымы ретіндегі цементті материалдар үшін үйлесімділік (когеренттілік) үдерісі негіз болып табылады. Онымен, таңдап алынған бастапқы заттың сипаттамалары мен оларды өңдеудегі әдістер арасындағы сәйкестікті түсінеміз.

Автоматтандыру – алу; түрлендіру, беру және энергияны, материалды немесе ақпаратты пайдалану үрдісінде толықтай немесе жартылай адамның қатысуын ауыстыру мақсатында техникалық құралдарды қолдану аясында қарастырайық.

Құрылыста зауыт жағдайында жасалған және де дайын күйінде құрылыс алаңына жеткізілетін құрамалы темірбетон бұйымдары мен конструк-

циялары кеңінен таралған.

Осы бағытта техникалық прогрестің, кешенді механизациялау мен автоматтандыруды күрт жеделдетуде екі жол бар:

1. Өндіріске жетік технологиялық үрдістер мен жабдықтар, автоматтаандырудың әдістері мен жүйелерін жаппай енгізу;

2. Айтылмыш базаның негізінде үдерісті жаңа технологиялық үрдістер – толыққанды зауыттық дайындықтан өткен жоғарыавтоматтандырылған құрылыс бөлшектері зауытын жасау.

Темірбетон конструкциясы өндірісінің мекемелерін техникалық қайта жабдықтаудың негізгі бағдары:

- бетон араласпасын дайындауда реттелген мөлшерлеу операцияларын, бақылау құралдарын, автоматтандыру тәсілдерін, бетон араластыруда пәрмендеуіш үрдістер мен жабдықтарды қолдану негізінде қолданыстағы бетонараластырғыш тораптары мен қондырғыларында бетон араласпасының дайындалуы мен берілуін ұйымдастыруды жетілдіру; автоматтандырылған бетонараластырғыш цехтары үшін комплект-модульді қондырғыларды пайдалану;

- сағанақтық (арматура) болатты, оның ішінде жоғары берікті, термонеғізайған; штампталған, металдануымен қоса штамптыдәнекерлі және дәнекерлі төселме бөлшекті, сонымен бірге жазық кеңістікті келген сығанақты қаңқаны қалдықсыз өңдеуде роботталынған модульдер мен манипуляторларды қолдана жоғарыөнімді және автоматталған технологиялық желіні енгізу;

- артық жүк салмағынсыз қалыптағыш бекеттерге дәл жеткізуді қамтамасыз ететін автоматикалы басқарылатын тасымалдау құралдарын пайдалана бетон араласпасын мақсатты беруді қолдану;

- автоматталынған жабдықтар мен манипуляторлардың көмегімен қалыпқа сағанақты бұйымдар мен қаңқаларды мақсатты беруді игеру;

- қалыпқа майды әзірлеу мен оны майлауды тұтастай автоматталынған тораптар мен қондырғыларды ұйымдастыру;

- жылу қондырғысын автоматтандыруда технологиялық үрдістің ауыспалы режимде қалыпты жүруін қамтамасыз ету үшін автоматты реттеу жүйесін қолдану; жалпы, инженер-технолог автоматтандыруға тапсырма бергенде құрылымдық (структура) және функционалдық схемаларын ба-
яндай білу;

Температура, К-де, (1)-(3) реакцияларындағы Гиббс бос энергиясының өзгерісі							
Реакция	ΔG°_{298}	ΔG°_{473}	ΔG°_{673}	ΔG°_{970}	ΔG°_{1147}	ΔG°_{1173}	ΔG°_{1398}
1	-54,06	-55,57	-56,78	-58,17	-	-59,02	-59,92
2, а	-38,52	-40,94	-45,33	-54,29	-	-	-
2, б	-	-	-	-54,25	-	-61,75	-70,39
3	-28,56	-30,91	-33,60	-38,41	-	-42,29	-47,13

- қалып-ұстамның талаптарына сәйкесті темір-бетон зауыты (ТБЗ) мекемелерін бұйым сапасының операция сайынғы және шығудағы өнім сапасы бойынша бақылау аспаптары және аппаратуралармен толықтай жабдықтауды аяқтау.

Ғимараттың ақпараттық моделін қолдану (BIM-технология) – өндірісті автоматтандырудың белгілі бір аспектісі. Қазіргі уақытта құрылыс саласын цифрлы трансформациялау ең өзекті мәселе. Барлық архитектуралық, технологиялық және коммерциялық ақпараттар интеграцияланған ғимараттың бірыңғай ақпараттық моделі BIM-технологиясы көмегімен жасалынып шығады. Нысанның ақпараттық моделінде берілген барлық деректер өзара байланысты да өзара тәуелді. BIM-технологиясы шынтуайтты физикалық қасиеттерімен мүмкінді (виртуальный) үш-өлшемді модельге негізделген. Ол нысанда құрылыс жұмыстары басталғанға дейін құрылыс үрдісінің шамаларын есептеу мен анықтауға мүмкіндік жасайды. BIM – белгілі нысанды цифрлы баяндайтын программалық өнім, технологиялар мен үрдістер жиынтығы болып келетін ғимараттың ақпараттық моделденуі. Ақпараттық модельде құрылыс туралы толықтай мәлімет келтіріледі. Бұл технологияны қолдану 3D-модельдің бірнеше нұсқаларын салыстыру мен тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен бірге қателік ықтималдылығы төмен келеді, өйткені, бүкіл технологиялық үрдіс 3D-модельде көрініс табады, кезегінше құрылыс материалы мен конструкциясын өндіру үрдісіндегі сәйкессіздікті шұғыл жоюға мүмкіндік береді, бұдан басқа бұл құрылыс шығынын төмендету мен сапасын көтеруге мүмкіндік туғызады.

Тәжірибелер көрсеткендей жоғарыавтоматталынған зауытта программалы автоматтандырылған қалыптар, стендтер, технологиялық және тасымалдаушы жабдықтарды қайта жөндеуде; бастапқы материалдарды қабылдауда, қалыптар мен стендтерге сағанақтарды үздіксіз орау, бетон

араласпасын алдын-ала қыздыру мен тығыздауда; қалыптар мен стендтерге бетон араласпасын тікелей мақсатты беруде; ішкі дірілдеткішті қолданып тік қалыптарда конструкциялар мен бұйымдарды жасауда; жылу энергиясын ең шағынды жеткізу мен жылуоқшаулағыш қалыптар мен стендтерде бетонның қатаюуын қамтамасыз етуде; бұйымдарды жинақтау мен дайын өнімдерді жіберуде диспетчерлі автоматтандырылған басқаруды пайдалану керек.

Өндіргіш үрдістерді автоматтандыру шикізат пен отын-энергетикалық қорды үнемдеуге, қолмен жұмысты қысқартуға, еңбек жағдайын жақсартуға, агрегаттар, үрдістер және жалпы өндірісті басқарғанда өнімділікті көтеруге, яғни құрылыс материалдары, бұйымдары мен конструкциялары өнеркәсібінің мекемелерінде технологиялық қайта бөлудегі техника-экономикалық көрсеткіштерді жоғарылатуға жеткізеді.

Қорытынды

Техника мен технологияда кибернетика, оның ішінде автоматтандыру сияқты бағыттың кең қолданылуы цементті материалдарды зерттеу бағдарын кеңейтті.

Электртермофосфор қожына негізделген цемент алу технологиясының эмпирикалық ақпараттарын жүйелі талдау арқылы өңдеу қарастырылды.

Жаңа цементтерді өндіру бойынша зерттеулер барысында алынған тәжірибелік материалдар, анықталған нысандар, олардың атрибуттары мен байланыстары білім қорына енгізілуі үшін талданды.

Эксперименталды нәтижелерді теориялық тұрғыдан нығайтуға мүмкіндік беретін пәнаралық зерттеу тәсілі айқындалып саланы автоматтандыруды үрдісте пайдаланудың аспектілері қарастырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Санжаровский Р.С., Зибер Ф., Тер-Эммануилян Т.Н. и др. Теория расчета железобетона и ее несоответствие Еврокоду // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2020. Т. 16. № 3. С. 185-192.
2. Воробьев В.А., Идьюхин А.В. Основные задачи компьютерного материаловедения строительных композитов // Строительные материалы – 2006. – № 7. – С. 19-21.
3. Баженов Ю.М., Данилов А.М., Гарькина И.А., Королев Е.В. Соколова Ю.А. Системный подход к разработке и управлению качеством строительных материалов. – М.: Палеотип. 2006. – 188 с.
4. Золотухин Н.С. и др. Прогнозирование свойств композиционных строительных материалов с использованием современных компьютерных программ и методов // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. – Караганда, 2017. № 1. – С. 375-379.
5. Шайкежан А. и др. Элементы экспертной системы в технологии вяжущих из техногенного сырья // Труды университета. 2 (78). Караганда: КарТУ, 2020. С. 114-119.
6. Шайкежан А. Жоғарыалитті цемент. – Алматы, 2018. – 159 б.
7. Проблемы автоматизации предприятия по производству цемента // Методы и модели прикладной информатики: Межвуз. сб. науч. тр. – М., 2009. – С. 116-119.
8. Создание моделей системной динамики в программе AnyLogic 6.4.1. // Интеграционные решения в промышленности, науке и образовании: Сб. науч. тр. – М.: МАДИ (ГТУ), 2010. – С. 52-59.

9. Моделирование процесса термической обработки цементного клинкера // Оптимизация решений в промышленности, строительстве и образовании: Сб. науч. тр. – М.: МАДИ (ГТУ), 2010. – С. 67-72.
10. Алмазов В.О. Проектирование железобетонных конструкций по евронормам. М.: Изд-во АСВ, 2007. 216 с.

Некоторые пути изучения ситуации в автоматизации подготовки цементных материалов

¹ШАЙКЕЖАН Амангельды, д.т.н., профессор, shikg_a@mail.ru,

^{1*}ХАН Максим Александрович, м.т.н., старший преподаватель, han_maks@mail.ru,

¹МАЙКОТОВА Камила Канапиякызы, м.т.н., ассистент, kamilya1709@gmail.com,

²СЕРДЮК Василий Романович, д.т.н., профессор, modser@vstu.vinnica.ua,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

²Винницкий национальный технический университет, Украина, Винница, Хмельницкое шоссе, 95,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Наблюдается тенденция перехода от описательных исследований к аналитическим исследованиям в области теоретических основ технологии структуры композитов, таких как бетон, на основе силикатного связующего. Для технологии строительных материалов и конструкций, а следовательно, и для наиболее эффективного решения практических инженерных и технико-экономических задач используют результаты исследований фундаментальных наук в области теоретического обоснования преобразования вещества и энергии, методологии решения системных задач, методы и средства автоматизации. Цель работы – совершенствование процессов автоматизированного формирования структуры информационного базиса технологии производства цемента и материалов на его основе. Методы структурирования фактов и отношений использовались для выявления логических шагов решения проблемы образования цементирующих минералов, представления знаний, анализа возможности автоматизации подготовки материалов. С точки зрения описания структурных элементов и их концептуальных ограничений проанализированы экспериментальные материалы, полученные в ходе исследования технологии производства цементного клинкера из безглинистой шихты. Определены классы, объекты, их атрибуты и отношения для процесса автоматизации поиска решений при управлении производством и применении цементных материалов.

Ключевые слова: цемент, фосфорный шлак, семантика, информационная модель, клинкер, химический состав, физические свойства, структурирование, бетонные изделия, обработка, автоматизация.

Some Ways to Study the Situation in the Automation of the Preparation of Cement Materials

¹SHAIKEZHAN Amangeldy, Dr. of Tech. Sci., Professor, shikg_a@mail.ru,

^{1*}KHAN Maxim, Mast. of Tech. Sci., Senior Lecturer, han_maks@mail.ru,

¹MAIKOTOVA Kamilya, Mast. of Tech. Sci., Assistant, kamilya1709@gmail.com,

²SERDYUK Vasil, Dr. of Tech. Sci., Professor, modser@vstu.vinnica.ua,

¹NPISC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

²Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Vinnytsia, Khmelnytsky Highway, 95,

*corresponding author.

Abstract. There is a tendency to move from descriptive research to analytical research in the field of theoretical foundations of the technology of the structure of composites, such as concrete, based on silicate compounds. For the technology of building materials and structures, and, as follows, for the most effective solution of practical engineering and technical and economic problems, the results of research of fundamental sciences in the field of theoretical support of broadcasting and energy conversion, methods of solving system problems, methods and automation tools are used. The purpose of the work is to improve the processes of automated formation of the structure of the information basis of cement production technology and materials based on it. Methods of structuring facts and relationships were used to identify logical steps to solve the problem of the formation of cementing minerals, to present knowledge, to analyze the possibility of automating the preparation of materials. From the point of view of the description of structural elements and their conceptual limitations, experimental materials obtained during the study of the technology of production of cement clinker from clay-free charge are analyzed. Classes are defined; objects, their attributes and relationships for the process of automating the search for solutions in the management of production and application of cement materials.

Keywords: cement, phosphoric slag, semantics, information model, clinker, chemical composition, physical properties, structuring, concrete products, processing, automation.

REFERENCES

1. Sanzharovskij R.S., Ziber F., Ter-Jemmanuil'jan T.N., Manchenko M.M., Musabaev T.T., Gadzhiev M.A. Teorija rascheta zhelezobetona i ee nesootvetstvie Evrokodu [Theory of the calculation of the reinforced concrete and inconsistency it to Eurocode]. Stroitel'naja mehanika inzhenernykh konstrukcij i sooruzhenij [Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings]. 2020. T. 16. No. 3. pp. 185-192.
2. Vorobyev V.A., Idyukhin A.V. Osnovnyye zadachi kompyuternogo materialovedeniya stroitelnykh kompozitov [The main tasks of computer materials science of building composites]. Stroitelnyye materialy [Building materials]. 2006. No. 7. pp. 19-21.
3. Bazhenov Yu.M., Danilov A.M., Garkina I.A., Korolev Ye.V. Sokolova Yu.A. Sistemnyy podkhod k razrabotke i upravleniyu kachestvom stroitelnykh materialov [A systematic approach to the development and quality management of building materials]. Moscow: Paleotip. 2006. 188 p.
4. Zolotukhin N.S. i dr. Prognozirovaniye svoystv kompozitsionnykh stroitelnykh materialov s ispolzovaniyem sovremennykh kompyuternykh programm i metodov [Forecasting the properties of composite building materials using modern computer programs and methods]. Innovatsionnyye, informatsionnyye i kommunikatsionnyye tekhnologii [Innovative, information and communication technologies]. Karaganda, 2017. No. 1. pp. 375-379.
5. Shaykezhan A. i dr. Elementy ekspertnoy sistemy v tekhnologii vyazhushchikh iz tekhnogennogo syrya [Elements of the expert system in the technology of binders from technogenic raw materials]. Trudy universiteta [Proceedings of the University]. 2 (78). Karaganda: KTU, 2020. pp. 114-119.
6. Shaykezhan A. Zhogaryalitti tsement [High-quality cement]. Almaty. 2018. 159 p.
7. Problemy avtomatizatsii predpriyatiya po proizvodstvu tsementa [Problems of automation of the cement production enterprise]. Metody i modeli prikladnoy informatiki: Mezhvuz. sb. nauch. tr. [Methods and models of applied informatics: Interuniversity collection of scientific papers]. Moscow, 2009. pp. 116-119.
8. Sozdaniye modeley sistemnoy dinamiki v programme AnyLogic 6.4.1. [Creating models of system dynamics in the Anylogic 6.4.1 program]. Integratsionnyye resheniya v promyshlennosti, nauke i obrazovanii: Sb. nauch. tr. [Integration solutions in industry, science and education. Collection of scientific papers]. Moscow: MADI (GTU), 2010. pp. 52-59.
9. Modelirovaniye protsessa termicheskoy obrabotki tsementnogo klinkera [Modeling of the process of heat treatment of cement clinker]. Optimizatsiya resheniy v promyshlennosti, stroitelstve i obrazovanii: Sb. nauch. tr. [Optimization of solutions in industry, construction and education. Collection of scientific papers]. Moscow: MADI (GTU), 2010. pp. 67-72.
10. Almazov V.O. Proektirovaniye zhelezobetonnnykh konstrukcij po evronormam [Design of Reinforced Concrete Structures According to European Requirements]. Moscow: Publ. ASV, 2007. 216 p.