

661
Ш65

Министерство высшего и среднего специального
образования БССР

Белорусский технологический институт
им. С. М. Кирова

666.941.12.015.224

На правах рукописи

ШИШКАНОВ ГЕОРГИЙ ЯКОВЛЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ
ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ И СВОЙСТВ
АГЛОПОРИТА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ
ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАЖИГАНИЯ ШИХТЫ**

05. 17. 11 — технология силикатных
и тугоплавких неметаллических материалов

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск 1979

Работа выполнена в Минском научно-исследовательском институте строительных материалов МПСМ БССР (НИИСМ)

Научный руководитель - доктор технических наук
Б. К. ДЕМИДОВИЧ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук М. Я. ШПИРТ

кандидат технических наук И. И. КИСЕЛЬ

Ведущее предприятие - Минский завод строительных материалов

Защита состоится "23" мая 1979 г. в 10 час. на заседании специализированного Совета К.056.01.04 в Белорусском технологическом институте им. С. М. Кирова. Замечания и отзывы по автореферату просим направлять в 2 экз., заверенные печатью, по адресу: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, БТИ им. С. М. Кирова, Ученому секретарю совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БТИ им. С. М. Кирова.

Автореферат разослан 20 апреля 1979 г.

Ученый секретарь специализированного Совета, кандидат технических наук, доцент

Е. М. ДЯТЛОВА

661
Ш65

3.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Аглопоритовый щебень, используемый в качестве пористого заполнителя, позволяет получать высокопрочные легкие строительные конструкции из бетонов марок 500 и выше, внедрение которых в современное индустриальное строительство предусмотрено Государственным планом развития народного хозяйства СССР. Поэтому производство аглопорита в 10-й пятилетке намечается практически во всех районах страны, и главным образом там, где отсутствуют природные легкие заполнители. При этом рост объема выпуска аглопорита намечается осуществить не только за счет строительства и ввода в эксплуатацию новых предприятий, но и путем технического перевооружения действующих заводов и цехов. В связи с этим исследование свойств аглопорита и процесса спекания глинистого сырья с целью его интенсификации и повышения эффективности производства является актуальной проблемой и требует быстрого ее решения.

В ряде районов страны для производства аглопорита используются суглинки и глины различного химического и минералогического состава, и процесс их спекания в каждом случае в значительной степени обуславливается условиями фильтрации газов в слое и интенсивностью зажигания шихты. Известные в нашей и зарубежной литературе концепции по данному вопросу в большинстве своем разные и противоречивые. Это связано, в первую очередь, с недостаточной изученностью кинетики процесса спекания, различным подходом к оценке исходного сырья и физических свойств шихты, а также отсутствием достоверных сведений о горении топлива в слое на различных стадиях процесса.

В настоящее время в СССР работает 27 предприятий по производству аглопорита с общей мощностью более 1 млн. м³ в год. Изучение их работы и анализ результатов натурных испытаний позволили выявить ряд общих недостатков принципиальной схемы процесса спекания. Одним из главных является неудовлетворительное зажигание аглопоритовой шихты на агломерационной машине, что приводит к снижению удельной производительности агломерационной установки и ухудшению качества готового материала. Процесс зажигания поверхностного слоя, определяющий ход спекания топ-

ВНЕСЛ. КОТЕКА БТИ
им. С. М. Кирова

ливосодержащей шихты, до настоящего времени мало изучен, а его влияние на протекание агломерации алюмосиликатных пород и качество аглопорита практически не исследовалось.

Настоящее исследование выполнено в соответствии с координационным планом важнейших НИР по проблеме О.35.179а и Постановлением №590 ГК СМ СССР по науке и технике от 27 сентября 1974 г.

Цель работы. Выявление оптимальных условий формирования структуры и свойств аглопорита при термообработке глинистого сырья внешним и внутренним источниками тепла, обеспечивающими интенсификацию процесса агломерации при минимальных энергетических затратах; установление количественных зависимостей между условиями теплового воздействия различными источниками и остаточными изменениями спека в отдельно взятых температурных зонах агломерируемого слоя; разработка критериев оценки глинистого сырья и решение практических вопросов при выборе и определении сырьевой базы для производства аглопорита; создание эффективной технологии и зажигательных устройств, обеспечивающих получение аглопоритового щебня на базе местных глин с широким диапазоном колебаний химического и минералогического состава.

Научная новизна. Исследованы процесс спекания топливосодержащих шихт и свойства аглопорита при различной интенсивности зажигания слоя, установлены критерии оценки глинистого сырья; определено рациональное соотношение внутреннего и внешнего источников тепла агломерируемого слоя, выявлены закономерности его изменения для шихт различной пористости. Найден коэффициент аэродинамического сопротивления слоя сыпучих материалов (для уравнения Л.К.Рамзина), позволяющие производить расчет газопроницаемости аглопоритовой шихты в зависимости от высоты слоя и разрежения под колосниковой решеткой агломерационной машины. Определена взаимосвязь между важнейшими технологическими параметрами процесса агломерации (межзерновой пустотностью и материальным составом шихты, интенсивностью, продолжительностью и температурой зажигания, высотой слоя шихты и его аэродинамическим сопротивлением), и разработана номограмма для их графического определения.

Практическое значение работы определяется тем, что проведенными исследованиями установлены рациональные режимы зажига-

ния топливосодержащих шихт на агломерационных машинах, позволившие снизить расход топлива на стадии зажигания на 10-25% и вводимого в состав шихты - до 30%, повысить производительность агломерационных установок на 20-25% и улучшить качество аглопорита. Разработанная номограмма рациональных технологических режимов алюмосиликатного сырья позволяет производить расчеты параметров зажигания, спекания и составов шихт при любой их granulometрии на базе различных глинистых пород, а также в условиях производства оперативно вносить коррективы в технологический процесс при его нарушении. Предложенные критерии оценки глинистого сырья позволяют дать предварительное заключение о пригодности его для производства аглопорита. Основные результаты исследований использованы в качестве исходных данных для проектирования зажигательных устройств новой конструкции.

Реализация работы. Определены и внедрены на ряде предприятий страны (Коммунарский аглопоритовый завод, Хакентский кирпичный завод, Лозовской комбинат стройматериалов, Термезский комбинат стеновых материалов и др.) рациональные параметры технологии зажигания аглопоритовой шихты, способствующие повышению производительности агломерационных установок на 10-2% за счет повышения вертикальной скорости спекания и снижения выхода возврата (на 20-40%). Разработана и внедрена на Сызранском аглопоритовом заводе, Гадячском заводе ЖБИ и изготавливается на предприятиях г.г. Минска и Ульяновска конструкция зажигательного горна, обеспечивающая высокую надежность и высокие эксплуатационные качества. Разработаны технические требования и техническое задание на проектирование зажигательных горнов для агломерационных машин рабочей площадью 150 м² и производительностью 400 тыс. м³ аглопорита в год, на основе которых институтом Южгипростром выполнена проектная документация двух типов горнов (СМС-218, СМС-219) и передана для серийного изготовления Куйбышевскому заводу "Строммашина".

Разработаны "Рекомендации по выбору глинистого сырья для производства аглопорита", которые широко используются геологическими и проектными организациями, а также заводами для практического руководства при оценке сырья. Фактический экономический эффект от внедрения результатов исследований составил 380 тыс. руб. и потенциальный экономический эффект - 1035 тыс.

руб. в год.

Публикация работы. Основное содержание диссертационной работы изложено в 13 статьях. Полученные результаты защищены 8 авторскими свидетельствами.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на научной сессии Минского НИИСМ, IV и V конференциях молодых ученых и специалистов Прибалтики и Белоруссии, научно-техническом семинаре по легким заполнителям (Москва, 1972) и II Всесоюзной конференции "Перспективы развития производства и применения легких бетонов и конструкций из них" (Минск, 1974).

На защиту выносятся:

- исследование процесса спекания глинистого сырья при различной интенсивности зажигания слоя шихты;
- исследование свойств аглопорита в зависимости от теплового прошлого на стадии зажигания;
- номограмма рациональных технологических параметров агломерации глинистых пород;
- критерии оценки минерального сырья;
- конструкция новых зажигательных устройств.

Объем работы. Диссертация содержит введение, обзор литературы, четыре главы экспериментальной части, основные результаты работы, список используемой литературы (195 наименований) и приложения, включает 140 страниц, 40 рисунков, 22 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации дан анализ литературных источников, касающийся общего состояния исследований в области агломерации минерального сырья различного происхождения, изложена оценка современных взглядов ученых по вопросу интенсификации процессов спекания, фильтрации газов, тепло- и массообмена в слое, а также выбора вида и способов подвода энергетических источников к агломерируемому материалу. В работах М.П.Эдинзона, С.Г.Василькова, Г.И.Книгиной, М.Ф.Чебукова, А.А.Сигова, С.Г.Братчикова, Ж.Менье и др. отмечается важная роль зажигания и термообработки агломерируемого слоя и ее влияние на структуру

и качество аглопорита. Показано, что известные общие принципы агломерации минерального сырья не могут быть распространены на действующие модели агломерационных машин без учета особенностей исходного сырья, а также на свойства конечного продукта - аглопоритового щебня. Доказана необходимость более детального изучения процесса спекания глинистого сырья с широким диапазоном свойств шихты при различной интенсивности зажигания и качества полученного аглопорита.

Во второй главе описаны методики исследований по приготовлению, зажиганию и спеканию шихт. Изучение сырья и аглопорита проведено с использованием петрографического, термографического, рентгенографического, электронномикроскопического и химического анализов. Качество аглопорита определено стандартными и общепринятыми методиками. Применены также разработанные нами методы и приборы для определения завершенности процесса агломерации, макропористости аглопорита и межзерновой пустотности слоя шихты. Кинетика аглопоритообразования исследована на агломерационной установке с прозрачной чашей.

Апробация и исследование предложенных режимов зажигания, а также рациональных параметров спекания, осуществлялись на агломерационных машинах опытного предприятия НИИСМ производительностью 3 м³/ч и СМ-961 цеха аглопорита Минского завода строительных материалов.

В третьей главе изложены критерии оценки глинистого сырья, результаты исследований взаимосвязи внутреннего и внешнего источников тепла и их влияние на процесс агломерации.

Выбору сырьевых материалов, использованных в качестве объекта исследования, предшествовали систематизация и обобщение результатов физико-химического и минералогического анализов 195 проб глинистых пород различных месторождений страны, пригодных для производства аглопорита, с учетом вертикальной скорости спекания и условной производительности процесса, насыпной плотности и прочности аглопорита, его силикатного и железистого распада, водопоглощения и внешнего вида спека. В результате обработки данных на ЭВМ "Минск-22" получены модели для глинистых пород двух групп - непластичных суглинков и умереннопластичных глин. Основными критериями оценки явились: содержание SiO_2 , Al_2O_3 , $\Sigma(Na_2O, K_2O, CaO, MgO, Fe_2O_3)$, ко-

личество глинистых частиц, число пластичности и содержание крупнозернистых включений (табл. I).

Таблица I

Критерии оценки глинистых пород, пригодных для производства аглопорита

Модели глинистых пород	Содержание окислов, %			Число пластичности	Количество глинистых частиц < 0,001 мм, %	Содержание крупнозернистых включений, %
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Σ (Na ₂ O, K ₂ O, CaO, MgO, Fe ₂ O ₃)			
непластичный суглинок	6-10	70-80	6-12	2-7	10-20	< 3
умеренно-пластичная глина	9-14	50-65	15-30	8-18	21-35	< 3

Объектом настоящего исследования выбраны представительные пробы двух типичных разновидностей глинистых пород, используемых в производстве аглопорита:

- суглинок месторождения "Ольшанка" (БССР) с огнеупорностью 1370⁰С, гидрослюдистого типа;
- глина месторождения "Гайдуковка" (БССР) с огнеупорностью 1100⁰С, гидрослюдисто-каолинитового типа, склонная к незначительному вспучиванию.

Сопоставление результатов анализа указанных сырьевых материалов с критериями (см. табл. I) показывает, что выбранные объекты исследования охватывают всю область глинистых пород, пригодных для производства аглопорита.

Для определения рационального соотношения внешнего и внутреннего источников тепла проведено спекание шихт различных фракций (< 5 мм, полидисперсной, с верхним пределом крупности 10 мм, 5-10 мм и 10-15 мм), пористость которых в слое составляла соответственно 22, 28, 37 и 43%, с содержанием твердого топлива от I до 10%. Зажигание слоя производилось при выдержке от I до 25 мин и температуре 950⁰С. Установлено, что для шихт с различным содержанием топлива характерна тенденция к повышению вертикальной скорости спекания (от 4 до 12 мм/мин)

с увеличением продолжительности внешнего нагрева, однако скорость спекания увеличивается до определенного предела с последующим ее снижением. Установлено, что ускоряющее действие внешнего подвода тепла имеет место до тех пор, пока на поверхности слоя шихты не образуется избыточное количество расплава. Последний, обладая малой вязкостью при высокой температуре, кальматрирует поры между отдельными гранулами шихты, что значительно снижает газопроницаемость слоя и, соответственно, затрудняет доступ кислорода к частицам твердого топлива, в результате чего снижается активность горения угля и скорость спекания. На основании анализа полученных данных определена зависимость между оптимальным содержанием топлива в шихте и продолжительностью внешнего нагрева (рис. I А, Б, кривые х-у и х-з). Излом прямых I-4 на рис. I А, Б указывает на различный характер спекания шихт: верхняя часть - процесс спекания проходит, в основном, за счет внутреннего источника тепла, в нижней - доминирующую роль оказывает внешний. Кривые х-у и х-з (рис. I А, Б) можно рассматривать как границу оптимального соотношения внешнего и внутреннего источников тепла при спекании в слое. Для каждого состава шихты существует своя вполне определенная граница, определяемая экспериментально. Обработка регрессионным анализом опытных данных, полученных при исследовании спекания шихт различных составов, позволила получить зависимости, характеризующие количество удельного прихода тепла от внутреннего (Q_1 , ккал/кг шихты) и внешнего (Q_2 , ккал/кг шихты) источников при заданной пористости спекаемого слоя (Мэп, %).

Для непластичных суглинков месторождения "Ольшанка":

$$Q_1 = 35,17Q_2 - 0,224Q_2^2 - 943 \quad (1)$$

$$Q_2 = 0,04 \text{ Мэп} - 1,64 \text{ Мэп} + 60,88 \quad (2)$$

Для пластичных глин месторождения "Гайдуковка":

$$Q_1 = 12,8Q_2 - 0,056Q_2^2 - 254 \quad (3)$$

$$Q_2 = 0,11 \text{ Мэп} - 4,24 \text{ Мэп} + 88,35 \quad (4)$$

Исследование спеков аглопорита, полученных при различных режимах закипания, показало, что твердое топливо в шихте полностью не выгорает. Содержание несгоревшего угля повышается по мере возрастания исходного количества его в шихте. При этом

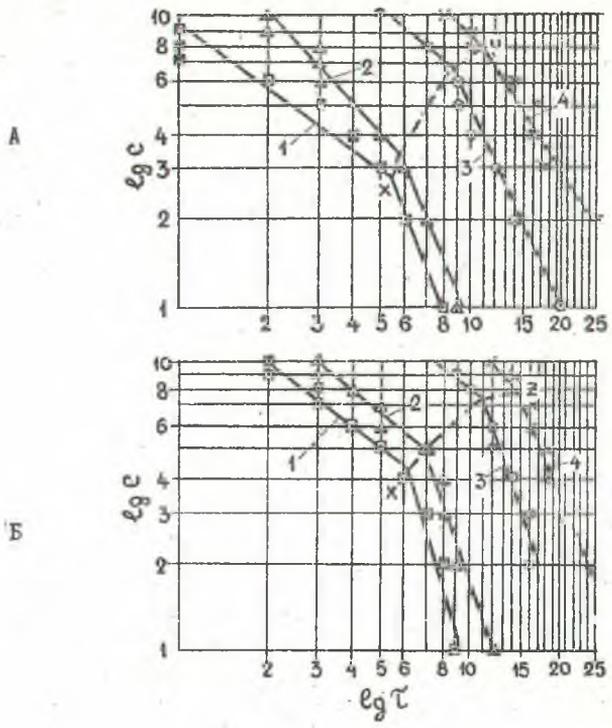


Рис. I. Зависимость оптимальной концентрации твердого топлива в шихте от продолжительности внешнего нагрева:

А - шихта на основе суглинка месторождения "Ольшанка".

Б - шихта на основе глины месторождения "Гайдуковка".

I - пористость слоя 22%, 2 - то же 28%, 3 - 37%, 4 - 43%; кривые x-y и x-z границы оптимального соотношения внутреннего и внешнего источников тепла для изученных составов шихт с различной пористостью.

остаток в нижнем и верхнем горизонтах спека значительно больший, чем в среднем; с увеличением продолжительности процесса внешнего нагрева наблюдается тенденция к росту остаточного топлива во всех горизонтах. Очевидно, это связано со сравнительно низкой температурой плавления и малой вязкостью расплава исходного сырья, в результате чего зерна угля, не успев полностью газифицироваться (содержание летучих в несгоревшем топливе достигает 0,3%), окутываются пленкой расплава, после чего доступ к ним воздуха затрудняется и горение прекращается.

Установлено, что количество использованного топлива практически не зависит от размера гранул (табл.2). При оптимальном приходе тепла от внешнего источника для шихты изученной гранулометрии (<5; 5-10; 10-15 мм) требуется всего лишь 3-3,5% угля (170-210 ккал/кг шихты).

Исследование аглопорита показало, что количество вводимого в состав шихты твердого топлива и продолжительность зажигания изменяют его пористость и прочность. Так, для образцов, в шихту которых вводилось 4% твердого топлива, пористость при зажигании в течение 1 мин составляла 37-40%, а при 10% - 53-55%. С увеличением продолжительности внешнего нагрева механическая прочность аглопоритового щебня увеличивается, причем максимальное ее значение наблюдается при оптимальном соотношении внутреннего и внешнего источников тепла. Это обусловлено формированием различной структуры аглопорита при нестационарном тепловом режиме. При недостатке тепла как от внешнего, так и от внутреннего источников возможен локальный "недожог" (в центре гранул), что приводит к появлению в каркасе аглопорита аморфизованного глинистого вещества, обладающего низкой прочностью. Это положение подтверждено данными испытаний проб аглопорита в растворе сернокислого натрия. При избытке тепла в слое появляются крупные поры и даже каверны (5-25 мм), которые также в значительной степени снижают прочность и выход аглопоритового щебня. Установлена также взаимосвязь между количеством топлива в шихте, продолжительностью зажигания и микроструктурой аглопорита. При недостаточном содержании топлива в шихте преобладают мелкие поры (0,05-1,5 мм), а основной каркас спека состоит из прозрачных, зеленоватого цвета стекловидных образований, преимущественно, волнолистного строения и участков, занятых аморфизованной глиной

Таблица 2

Оптимальное соотношение внутреннего и внешнего источников тепла для шихт различной пористости.

Сырье	Характеристика шихты	Внутренний источник тепла	Внешний источник тепла	Удельный приход	Суммарный	Оптимальное соотношение												
							Удельный приход											
Сырьевая фракция, Перелес, мм	Пористость, %	Процент использования ванного топлива для нагрева, мин	Оптимальное время внешнего нагрева, мин	Q_1	Q_2	$Q_1 + Q_2$	Q_1 / Q_2											
								4	3,8	5	210	38	248	5,5				
															7	3,5	9	195
8	3,0	10	170	86	256	2,0												
Суммарное количество "Ольшанка"	Полдиис-персонал	28	4	3,8	5	210	38	248	5,5									
										5-10	37	7	3,5	9	195	70	265	2,8
Тепло в агломерационной шахте, %	Полдиис-персонал	28	5	3,0	7	170	54	224	3,1									
										5-10	37	7	3,2	12	180	94	274	1,9

и непрореагировавшим кварцем. С увеличением продолжительности зажигания аморфизованная глина в стеклофазе не обнаружена. При спекании шихт, содержащих избыточное количество угля, получены образцы, площадь пор которых в поперечном срезе значительно превышает площадь каркаса. Крупные поры оконтурены вуститом, стеклофаза насыщена частицами углерода, поры вытянутые, неправильной формы, нередко сообщающиеся между собой, аморфизованное вещество отсутствует. При оптимальном соотношении внутреннего и внешнего источников тепла основную массу в спеке составляет малопрозрачное стекло темного цвета, которое на отдельных участках свободно от кристаллических новообразований и включений остаточного топлива и аморфизованной глины. Встречаются мелкие вкрапления магнетита и частиц углерода. Поры, площадь которых несколько превышает (на 10-15%) площадь, занятую каркасом, преимущественно округлые, изолированные, более крупные из них повсеместно окружены узкой пленкой кристаллов вустита. Установлено оптимальное соотношение внутреннего и внешнего источников тепла (q_1/q_2), равное 3,5-5, при котором достигается максимальная условная производительность процесса агломерации и оптимальная пористость аглопорита, обеспечивающая высокие прочностные характеристики.

Четвертая глава посвящена исследованию кинетики спекания топливосодержащей шихты, формированию структуры и свойств аглопорита, выявлению граничных значений технологических параметров, определению их ранговой значимости и установлению зависимости между условиями теплового воздействия и изменениями в отдельно взятых температурных зонах агломерируемого слоя различного гранулометрического состава. В исследованных интервалах температур (700-1600°C) и экспозициях зажигания (1-10 мин) наиболее благоприятные условия спекания создаются при температурах 1500-1600°C и продолжительности внешнего нагрева 1-2 мин. Так, для полидисперсной шихты при температуре 1000°C и продолжительности 3 мин скорость спекания составляет 9,2 мм/мин, а при 1500°C и продолжительности 1 мин - 12,5 мм/мин. Показано, что повышение температуры зажигания требует соответственно снижения его продолжительности, что обусловлено различным количеством тепла, подводимого к шихте и определяющего газодинамику слоя в целом.

Значение параметров температуры и продолжительности за- жигания зависит от температуры воспламенения твердого топлива и способности минеральной части шихты образовывать расплав. Последнее является решающим фактором при установлении верхнего предела температуры зажигания и связано с реологическими свой- ствами формирующегося на поверхности слоя расплава. Низкий температурный градиент вязкости в интервале температур 1000- 1200°С ($\frac{\Delta \eta}{\Delta t} = 0,07-0,004$) свидетельствует о том, что с нача- лом интенсивного горения топлива, содержащегося в шихте, он уменьшится до значений, при которых закупорит каналы между по- рами и резко снизит газопроницаемость слоя, что подтверждается возникновением остеклованной пленки на поверхности слоя и пре- кращением процесса агломерации. Определено влияние режимов за- жигания (температуры и продолжительности) на развитие зон в агломерируемом слое, так, при температуре газов 1600°С и зажига- нии в течение 1 мин высота зоны сушки и переувлажнения состав- ляет 2-3 средних диаметра гранул. С увеличением продолжитель- ности внешнего нагрева зоны спекания и переувлажнения увеличи- ваются по высоте.

Установлено, что уровень температуры в значительной степе- ни обуславливает качество получаемого материала. Пористость и механическая прочность аглопорита изменяются по высоте коржа и с повышением температуры газов, засасываемых в слой, возра- стают, а объемная насыпная масса при этом несколько понижается.

Определены коэффициенты аэродинамического сопротивления слоя аглопоритовой шихты (табл. 3), позволяющие рассчитать га- зопроницаемость слоя шихты в зависимости от его высоты и раз- режения под колосниковой решеткой агломерационной машины по известному уравнению Л.К. Рамзина.

Таблица 3.

Коэффициенты аэродинамического сопротивления слоя сыпучих материалов, установленные для аглопоритовых шихт

Коэффициенты	Пористость слоя шихты, %			
	43	37	28	22
A	1,487	2,969	6,531	5,855
Н	1,96	2,38	2,00	1,75

Анализ и оптимизация данных исследования позволили обобщить полученный экспериментальный материал и разработать номограммы для графического определения важнейших технологических параметров процесса агломерации (рис.2).

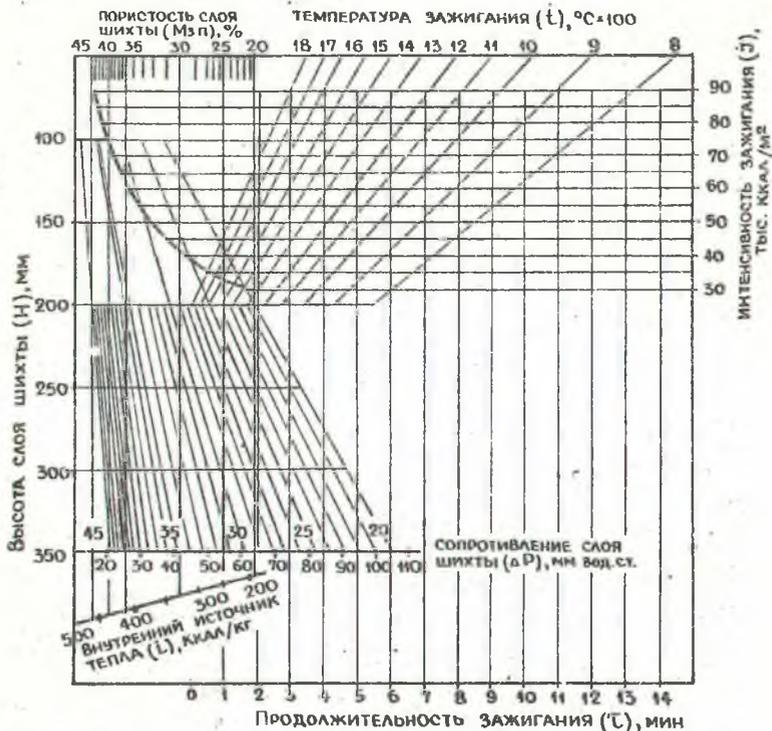


Рис.2. Номограмма рациональных технологических параметров зажигания аглопоритовой шихты

На номограмме нанесены семь величин, характеризующих технологические параметры слоя шихты ($Mzп$, i , ΔP , H), и режимы зажигания (I , t , τ). После выбора по номограмме интенсивности (I) и продолжительности (τ) можно рассчитать общий приход тепла на зажигание, расход запального топлива на $1 м^3$

аглопорита и габаритные размеры рабочей камеры зажигательного горна. По величине (i) внутреннего источника тепла можно установить оптимальный состав шихты. На рациональное разрежение под колосниками агломерационной машины указывает значение аэродинамического сопротивления слоя шихты (ΔP) при заданной высоте слоя (H) и пористости шихты ($M_{3л}$). Выбранные рациональные режимы позволяют достигнуть максимальной скорости спекания и наиболее высоких физико-механических показателей качества аглопорита.

Полученные результаты положены в основу разработки и создания эффективной технологии производства аглопорита и зажига-тельных устройств, обеспечивающих изготовление аглопоритового щебня на базе местного глинистого сырья с широким диапазоном химического и минералогического составов.

В пятой главе изложены данные опытно-промышленных испытаний, проведенных на агломерационных машинах экспериментально-го предприятия НИИСМ БССР и Минского завода стройматериалов, которые подтвердили результаты, полученные в лабораторных условиях.

Для крупнозернистых шихт (фракций 5-10 и 10-15 мм) температура зажигания поддерживалась в пределах 1300°C при продолжительности зажигания 5-9 мин, а для полидисперсной шихты - 1560°C и 1,2 мин. Полученный аглопоритовый щебень удовлетворял требованиям ГОСТ II99I-76 по высшей категории качества.

Результаты лабораторных исследований, заводской проверки, а также натурных испытаний, проведенных на 18 агломерационных машинах различных предприятий по производству аглопорита, позволили наметить основные требования к конструкции и запроектировать зажигаательные горны для машин с рабочей площадью 32, 60 и 150 м^2 , которые обеспечивают снижение расхода топлива на зажигание в среднем на 8% и повышение производительности агломерационной машины на 12-26%. За счет аккумуляирования тепла в верхних слоях агломерируемого слоя повышается прочность аглопоритового щебня на 28-30% и снижается выход недожога до 25%. Сформулированы рекомендации по использованию полученных результатов в народном хозяйстве, и приведены расчеты технико-экономической эффективности.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Исследованы процесс спекания глинистого сырья и свойства аглопорита при различной интенсивности зажигания слоя шихты, что позволило:

- разработать новые технологические режимы агломерации шихт на основе глинистого сырья, обеспечивающие снижение расхода топлива на 25-30%, и увеличить производительность агломерационных машин средней мощности (до 100 тыс.м³ в год) на 20-25% за счет повышения вертикальной скорости спекания на 10-20% и снижения выхода возврата на 25-40%;

- повысить основные свойства аглопорита до требований высшей категории качества: увеличить механическую прочность при сдавливании до 20 кг/см² (20%) и снизить насыпную плотность до 600 кг/м³ (15%);

- получить исходные данные для разработки агломерационных машин мощностью 300-400 тыс.м³ в год;

- разработать и внедрить новые типы зажигательных горнов (СМ-96Г, СМС-218 и СМС-219), обеспечивающих ведение процесса агломерации в соответствии с разработанной технологией.

2. Разработаны основные критерии для оценки глинистого сырья и решения практических вопросов при выборе сырьевой базы для производства аглопорита: содержание Al_2O_3 , SiO_2 ,

$\Sigma (Na_2O, K_2O, MgO, CaO, Fe_2O_3)$, количество глинистых частиц и число пластичности.

3. Установлено, что наибольшая вертикальная скорость спекания (12 мм/мин) и максимальный выход готового продукта достигается при соотношении внутреннего и внешнего источников тепла в пределах 3,5-5,0. Показано, что изменение данного соотношения позволяет наиболее весомо влиять на структуру аглопорита (размер пор - 0,1+3,4 мм).

4. По результатам исследования процесса спекания шихт различных составов на основе непластичных суглинков и умереннопластичных глин получены интерполяционные уравнения, характеризующие соотношение удельного прихода тепла от внутреннего и внешнего источников при заданной величине пористости спекаемого слоя.

5. Изучены вязкость шихт в интервале 1050-1200°С и кинетика формирования оптимальной структуры и свойств аглопорита (пористость 50-55%, размер пор $\leq 1,5$ мм). Показано, что основным критерием при определении температуры зажигания и спекания шихты является минимальное допустимое значение вязкости, при котором образующийся расплав сохраняет достаточно высокую подвижность и не кальматрирует межзерновые пустоты. Для изученных шихт градиент вязкости в интервале температур зажигания $\frac{\Delta \eta}{\Delta t} = 0,007-0,016$, а для оптимального состава шихты из суглинка месторождения "Ольшанка" с 4% угля $\frac{\Delta \eta}{\Delta t} = 0,009$. В данном интервале значений формируется структура аглопорита с величиной пор 0,1-5,4 мм.

6. Выявлена зависимость между газопроницаемостью и сопротивлением слоя шихты различной высоты. Найдены коэффициенты аэродинамического сопротивления слоя сыпучих материалов фракций < 5 , 5-10 и 10-15 мм и их смесей, обладающих пористостью 22-43%, позволяющие производить расчет (по уравнению Л.К. Рамзина) газопроницаемости шихты в зависимости от ее гранулометрического состава, высоты слоя и разрежения под колосниковой решеткой.

7. Определены оптимальные условия формирования структуры спеков и свойств аглопорита, полученного на основе изученного глинистого сырья при различной интенсивности зажигания шихты внутренними и внешними источниками, и на их основе разработаны номограммы для графического определения основных технологических параметров процесса агломерации (интенсивность, температура и продолжительность зажигания), состава и свойств шихты (содержание топлива, межзерновая пустотность, высота слоя и его аэродинамическое сопротивление).

8. Разработаны, защищены 8 авторскими свидетельствами и внедрены составы шихт, способы и устройства для обеспечения регулируемой пористости слоя шихты, позволяющие получить заданную структуру аглопорита и увеличить условную производительность процесса.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО
В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. Шишканов Г.Я., Якимович Д.Т., Ходская Р.И., Рабец Н.И.

- Гравиеподобный аглопорит из минских суглинков. Тезисы докладов юбилейной научной сессии Минского ГосНИИСМ, Минск, 1970.
2. Шишканов Г.Я., Ходская Р.И., Радевич Г.В. Интенсификация процесса агломерации глинистых пород термообработкой слоя внешним источником тепла. "ЦНИИЭСМ", вып. 7, М., 1971.
 3. Шишканов Г.Я., Ходская Р.И., Иоффе, Л.И., Структурные особенности аглопорита при термической обработке крупнозернистой шихты. Материалы IV конференции молодых ученых Прибалтики и Белорусской ССР по проблемам стройматериалов. Минск, "НТИ", 1972.
 4. Землянский В.И., Ходская Р.И., Шишканов Г.Я. Получение искусственного заполнителя гравиеподобной формы методом агломерации для конструктивных легких бетонов. "Труды ВНИИСТ", вып. I, М., 1973.
 5. Шишканов Г.Я., Ходская Р.И., Устройство для зажигания и термообработки аглопоритовой шихты. "ВНИИЭСМ", вып. 9, М., 1973.
 6. Шишканов Г.Я., Петров Л.К., Ходская Р.И. Соотношение внутреннего и внешнего источников тепла при агломерации глинистых пород. Труды ВНИИСТ. Коми книжное издательство, Сыктывкар, 1974.
 7. Шишканов Г.Я., Шухатович Ф.М., Ермаков Н.В., Павлов П.П., Шувалов М.Я., Жуков М.Я. Аглопорит из отходов добычи горючих сланцев. "Строительные материалы", 1976, №1.
 8. Шишканов Г.Я., Новиков Р.И. Способ определения макропористости строительных материалов. "ВНИИЭСМ", вып. 5, М., 1976.
 9. Короткевич С.Г., Ковалевский Ф.И., Шишканов Г.Я. Технико-экономические показатели производства аглопоритового щебня и песка из глинистых пород на действующих предприятиях, меры по совершенствованию их производства и снижению стоимости продукции. Перспективы развития производства и применения легких бетонов и конструкций из них. "ИНТИ", Минск, 1978.
 10. Шишканов Г.Я., Ходская Р.И., Лекаш Ц.А., Устимович А.Б. Пути повышения прочности аглопорита из умереннопластичного глинистого сырья. "Стекло, ситаллы и силикаты", вып. 7, Минск, 1978.

11. Короткевич С.Г., Ходская Р.И., Шишканов Г.Я. Рекомендации по выбору минерального сырья для производства аглопорита. "Полымя", Минск, 1978.
12. Шишканов Г.Я., Ходская Р.И. Инструкция по производству аглопорита. "ИНТИ", Минск, в печати.
13. Шишканов Г.Я., Демидович Б.К. Исследование процесса агломерации глинистых пород при различной интенсивности зажигания. Труды НИИСМ, 1979, в печати.
14. Гусейнов Э.А., Пыльник Э.В., Мизандронцев А.Г., Алиева В.Г., Петров Л.К., Якимович Д.Т., Шишканов Г.Я. Способ изготовления легкого заполнителя. А.с. №324237.
15. Землянский В.Н., Зеликин С.И., Ходская Р.И., Шишканов Г.Я. Масса для изготовления аглопорита. А.с. №439484.
16. Шишканов Г.Я., Ходская Р.И., Леках Ц.А., Мироненко А.А., Радченко Ю.Т., Онищенко Г.К. Сырьевая смесь для изготовления аглопорита. А.с. 512195.
17. Шишканов Г.Я., Жадинский В.Г., Жолнеровский Д.А., Ходская Р.И., Ермаков Н.В., Соловей И.И. Барабанный смеситель-гранулятор. А.с. 619347.
18. Ходская Р.И., Шишканов Г.Я., Короткевич С.Г., Жолнеровский Д.А., Леках Ц.А., Рабец Н.И. Сырьевая смесь для изготовления аглопорита. А.с. 546588.
19. Ходская Р.И., Петров Л.К., Рабец Н.И., Шишканов Г.Я., Радевич Г.В., Ермаков Н.В. Сырьевая смесь для производства аглопорита. А.с. 490775.
20. Бетиков И.Е., Короткевич С.Г., Жолнеровский Д.А., Шишканов Г.Я., Сафроненко М.А., Кудревич С.К. Способ загрузки шихты на агломерационную решетку. А.с. 626338.
21. Шишканов Г.Я., Шухатович Ф.М., Бетиков И.Е., Ермаков Н.В., Ходская Р.И. Устройство для загрузки шихты. А.с. 598805.

Шишканов