

ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

LX Международная научная конференция
"Техноконгресс"

**Сборник статей
международной
естественнонаучной
конференции
с публикацией в НЭБ elibrary.ru**

t-nauka.ru



Кемерово 2020

СБОРНИК СТАТЕЙ ШЕСТИДЕСЯТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТЕХНОКОНГРЕСС»

14 декабря 2020 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISBN 978-5-6040934-2-9

Кемерово УДК 378.001. Сборник статей студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава. По результатам LX Международной научной конференции «Техноконгресс», 14 декабря 2020 г. www.idpluton.ru / Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Зими́на Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инженерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ

Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ

Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Кемерово 2020

В сборнике представлены материалы докладов по результатам научной конференции.

Цель – привлечение студентов к научной деятельности, формирование навыков выполнения научно-исследовательских работ, развитие инициативы в учебе и будущей деятельности в условиях рыночной экономики.

Для студентов, молодых ученых и преподавателей вузов.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru

Подписано в печать 14.12.2020 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 3.2. | Тираж 300.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.

Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Оглавление

1. БИОТОПЛИВО: РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....	3
Михайлова Л.В.	
2. ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕГРИРОВАННЫХ УСТАНОВОК В ОТНОШЕНИИ АВТОНОМНЫХ УСТАНОВОК ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ПОДОГРЕВЕ СЫРЬЯ В МЕТАЛЛУРГИИ.....	6
Халикулов У.М.	
3. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ МЕТРОПОЛИТЕНА	10
Опарин А.Ю.	
4. СЕЙСМОЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ.....	13
Алишев С.Т.	

Михайлова Любовь Викторовна**Mikhailova Lyubov Viktorovna**

Студентка Уфимского государственного авиационного технического университета, факультет авионики, энергетики и инфокоммуникаций

УДК 620.95

БИОТОПЛИВО: РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**BIOFUELS: THE DEVELOPMENT AND USE OF**

Аннотация: в данной работе рассмотрено определение биотоплива, подробно расписаны разновидности и способы производства биоматериалов в качестве энергоресурсов.

Abstract: this paper discusses the definition of biofuels, describes in detail the variety and methods of production of biomaterials as energy resources.

Ключевые слова: биотопливо, пеллеты, биогаз, топливо из водорослей

Key words: biofuel, palety, biogas, fuel from algae

Биотопливо – это альтернативный вид топлива, получаемый при обработке биомассы термохимическим либо биологическим путём – с помощью бактерий. В качестве биомассы может использоваться как растительное, так и животное сырьё, а также органические остатки производства и отходы жизнедеятельности сельскохозяйственных животных.

Биотопливо классифицируют по агрегатному состоянию и поколениям.

В зависимости от агрегатного состояния выделяют следующие виды биотоплива:

1. Жидкое: биометанол, биоэтанол, биобутан, дизельное биотопливо;
2. Твёрдое: древесина, древесная щепа, топливные брикеты топливные гранулы и топливный торф;
3. Газообразное: биогаз, биоводород, метан.

Биотопливо различается по поколениям:

1. Биотопливо первого поколения производится из традиционных сельскохозяйственных культур с высоким содержанием жиров, крахмала, сахаров посредством применения технологий, близких к естественным биологическим и термохимическим процессам.

2. Биотопливо второго поколения получают из непищевого сырья (отработанные жиры и растительные масла, биомасса деревьев и растений) разными методами, например, путём переработки биомассы.

3. Биотопливо третьего поколения получают из водорослей, богатых маслами. [1,1]

Производство некоторых видов биотоплива.

Пеллеты (или топливные гранулы) производятся из опилок, других древесных отходов, шелухи подсолнечника, соломы (рис.1).

Сырьё помещается в установку, где его измельчают до консистенции муки. Полученную массу отправляют в сушилку, где из нее будет удалена вся жидкость. Подготовленную растительную муку помещают в пресс-машину, где прессование проводится при высоких температурах. Форма пеллет придается им с помощью кольцевых штампов. Последняя стадия технологического процесса — охлаждение и фасовка. [2,3]

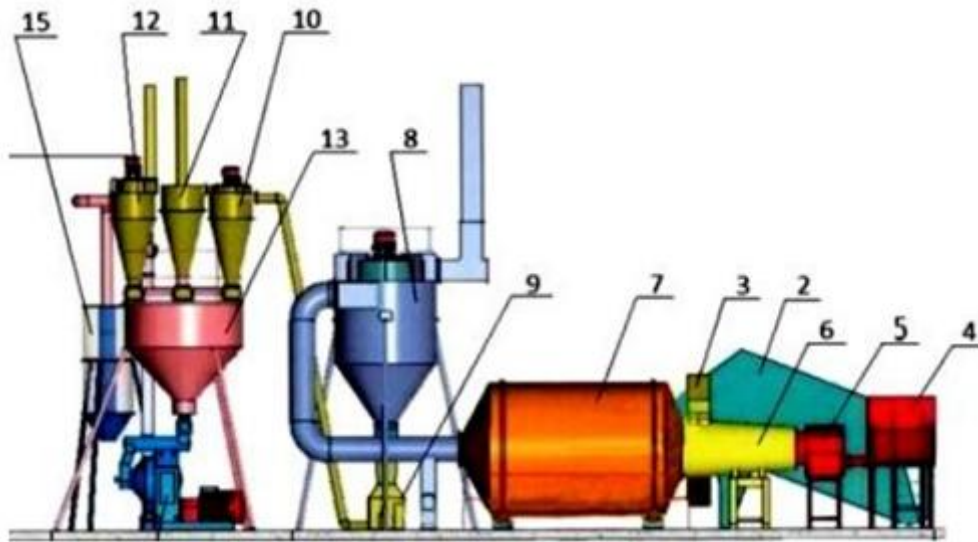


Рис.1. Схема производства топливных пеллет:

1 – подъемный лоток, 2 – питатель биомассы, 3 – скребковый транспортер, 4 – бункер – накопитель топлива, 5 – камера сгорания, 6 – теплогенератор, 7 – сушильный барабан, 8 – циклон отвода высушенной биомассы, 9 – дробилка молотковая, 10 – циклон отвода измельченной массы, 11 – пассивный уиклон, 12 – циклон охладителя барабанного, 13 – бункер – накопитель гранулятора, 14 – гранулятор ОСГ-1,5, 15 – охладитель барабанный.

Топливные пеллеты нашли широкое применение в Европе в качестве топлива для промышленных и муниципальных котельных установок. Технология изготовления топливных брикетов во многом напоминает производство пеллет. Отходы сельскохозяйственного и деревообрабатывающего производства также мелко рубятся и при высоком давлении прессуются (рис. 2).

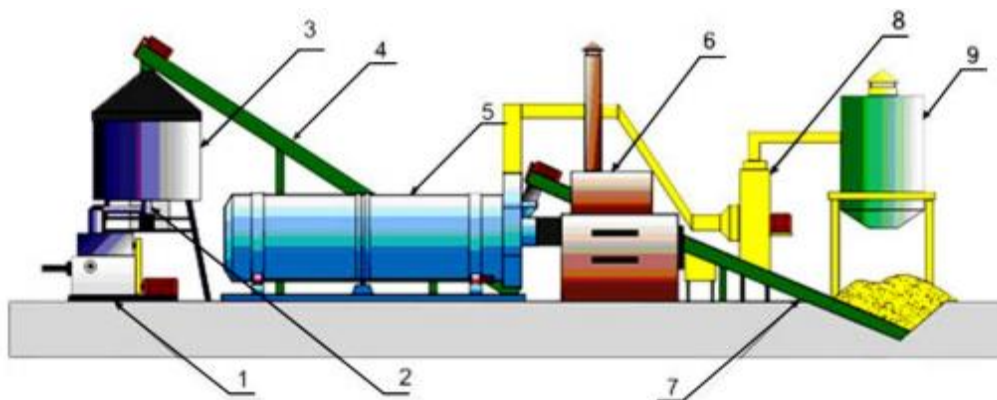


Рис. 2. Схема производства топливных брикетов:

1 – пресс шнековый, 2 – шнек подачи, 3 – бункер накопитель, 4 – транспортер винтовой, 5 – сушильный барабан, 6 – теплогенератор, 7 – транспортер, 8 – вентилятор, 9 – циклон.

Рабочий процесс протекает при высоких температурных режимах, в результате чего поверхность брикета оплавляется и становится прочной. Связующим компонентом является натуральное вещество, содержащееся в растительности, лигнин. Для производства древесных брикетов используются поршневые и шнековые прессы. Длина производимых брикетов может быть бесконечной, нарезка осуществляется по желанию заказчика. Брикеты бывают с отверстием внутри и без него. Выпускают изделия при высокой плотности прессовки, что по энергетическим свойствам делает биотопливо этого вида похожим на каменный уголь. Именно плотность является основным фактором, определяющим:

- водостойкость;
- калорийность;
- прочность.

Производственный процесс производства биогаза заключается в создании условий, где при

отсутствии кислорода будут развиваться специальные бактерии, разлагая биологические отходы, выступающие сырьем. Основными элементами биогазовой установки являются емкости и агрегаты, предназначенные для:

- подготовки и хранения сырья;
- производства газа;
- сбора и очистки полученного продукта.

В специальный резервуар помещается биомасса, которая измельчается и регулярно перемешивается. Важное условие брожения — температура более +37 градусов Цельсия. Сырьем для добычи биогаза являются органические бытовые отходы, сточные воды, жидкие и твердые отходы сельского хозяйства.

Добывают биогаз также из помета или навоза. Процесс ничем не отличается от описанного выше, но имеет дополнительный этап — фильтрацию. Полученный продукт поступает в газгольдер, где проводится его очистка. Резервуары являются полностью герметичными, что гарантирует безопасность технологического процесса [5,8].

На сегодняшний день в отдельный вид выделяется биотопливо из водорослей. Ведь они набирают биомассу в несколько раз быстрее других фотосинтезирующих организмов, из-за чего многие исследователи рассматривают их как главного кандидата на роль полноценной замены для бензина и других видов топлива. Помимо высокой скорости роста, водоросли имеют и множество других преимуществ – для их выращивания не нужно полей, а их одноклеточный характер упрощает их переработку в топливо.

Топливо из водорослей производят особым способом, так как одноклеточный планктон содержит в себе слишком много воды. Поэтому водоросли "напрямую" превращают в биотопливо, нагревая их до температуры в 300 градусов Цельсия и одновременно сжимая до очень высоких давлений, фактически имитируя то, как возникает нефть в недрах Земли.

В результате этого процесса биомасса делится на жидкое топливо и густую "смолу", которая накапливается на дне реактора. И то, и другое содержит в себе тысячи отдельных веществ, что мешало определить их состав и оценить, как нужно поменять процесс "варки" водорослей, чтобы улучшить свойства топлива.

Дальнейшее изучение данного вида биотоплива поможет понять, какие сорта водорослей лучше всего использовать и как их можно модифицировать, чтобы они могли заменить бензин и другие виды топлива из ископаемых углеводородов.

В заключение можно сказать, что развитие биотехнологий в России является перспективным направлением, но невозможно без поддержки как федеральных, так и региональных властей.

Библиографический список:

1. Трубецкой К.Н., Лачуга Ю.Ф.. Биотопливо [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия [Офиц. сайт]. URL:https://bigenc.ru/technology_and_technique/text (дата обращения: 25.11.2017).

2. Производство топливных пеллет [Электронный ресурс] // Идеи бизнеса. URL:<http://www.ideibiznesa.org/proizvodstvo-toplivnyh-pellet.html> (дата обращения: 28.11.2017).

3. Технология производства топливных брикетов [Электронный ресурс] // OMSB. Оборудование для малого и среднего бизнеса. URL:<http://www.omsb.ru/node/610> (дата обращения: 28.11.2017).

4. Биотопливо [Электронный ресурс] // Портал про альтернативную энергетику. URL:<https://alter220.ru/bio/biotoplivo.html> (дата обращения: 25.11.2017).

5. Колбина Л. Где у нас биогаз [Электронный ресурс] // Журнал «Эксперт» [Офиц. сайт]. URL:<http://expert.ru/ural/2014/13/gde-u-nas-biogaz/> (дата обращения: 25.11.2017).

Халикулов Уткир Мирзакамолевич
Khalikulov Utkir Mirzakamolovich

старший преподаватель, Алмалыкский филиал НИТУ «МИСиС»,
Алмалык, Узбекистан. E-mail: utkirhm@mail.ru

УДК 669

ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕГРИРОВАННЫХ УСТАНОВОК В ОТНОШЕНИИ АВТОНОМНЫХ УСТАНОВОК ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ПОДОГРЕВЕ СЫРЬЯ В МЕТАЛЛУРГИИ

ADVANTAGES OF INTEGRATED PLANTS IN RELATION TO STAND-ALONE PLANTS WITH PRE-HEATING OF RAW MATERIALS IN METALLURGY

Аннотация. В данной статье представлен сравнительный технологический анализ установок и агрегатов предварительного подогрева сырья в электросталеплавильной металлургии. Проанализированы основные проблемы и пути решения предварительного подогрева сырья с помощью отходящих газов во время плавки в дуговых сталеплавильных печах (ДСП). Особенности исходят из ряда параметров и критериев сырья, состава шихты и технологии, реализуемой во время плавильного периода

Abstract. At article problems and solutions to the preheating of raw materials with the help of off-gases during melting in electric arc furnaces (EAF). The analysis of the available developments in this direction and the ways of introducing this process into the EAF of the electric steel-making shop was carried out. Features come from a number of parameters and criteria of raw materials, the composition of the charge and the technology implementation during the melting period.

Ключевые слова: Технологический процесс, интегрированные установки, аэродинамические свойства газов, АО «Узметкомбинат», горячбрикетированное железо, электросталеплавильный цех, состав шихты, высокая температура, дуговая сталеплавильная печь.

Key words: Technological process, integrated plants, aerodynamic properties of gases, hot briquetted iron, electric arc furnace, Charge composition, high temperature, electric arc furnace.

Современная тенденция развития тяжелой промышленности, машиностроения, автомобилестроения, увеличение строительных площадок и многих других отраслей глобальной экономики требует значительного увеличения потребности в продуктах черной металлургии, и она занимает в экономике всех стран одной из ключевых производственных отраслей. Соответственно она оказывает существенное влияние на развитие в других промышленных секторах.

Например, по данным WorldSteelAssociation производство стали в мире в 2019 году выросло на 4,6% и достигло 1808,6 млн. т. по данным 64 основных государств, выплавляющих металлы. Как сообщает WorldSteelAssociation (Worldsteel), в мае 2020 г. производство стали в 64 странах, которые подают свою статистику в эту международную организацию, составило 148,8 млн. т, что на 8,7% меньше, чем в том же месяце прошлого года. Среднесуточное производство при этом составило 4,799 млн. т, что на 9,0% превысило апрельский показатель. Таким образом, крайняя точка спада в мировой металлургической отрасли, вызванного карантинными мероприятиями, осталась позади.

Кроме интенсивного роста динамики потребления стали, все больше растет необходимость диверсификации производства за счет уменьшения затрат на энергоносителях и соблюдения жестких экологических норм. В этом плане проводятся много исследований как со стороны ученых, так и со стороны эксплуатационников.

Почти все пирометаллургические процессы, в том числе и производство стали в современных ДСП характеризуются образованием больших количеств газов и пылей. Эти два продукта удаляются из печей совместно. Пыли и газы пирометаллургических технологий служат источником загрязнения окружающей среды.

Поэтому их улавливание, использование и обезвреживание являются важнейшими проблемами современного металлургического производства.

Отходящие металлургические газы делятся на технологические, образующиеся за счет протекания химических реакций, и топочные, являющиеся продуктами сжигания топлива. Состав и

количество отходящих газов полностью определяются типом перерабатываемого сырья и видом применяемого металлургического процесса.

Основными компонентами технологических газов являются SO_2 , CO_2 , CO и пары воды. В отдельных металлургических процессах могут выделяться газообразный хлор, мышьяковистые и другие химические соединения.

Кроме того, в отходящих газах обязательно присутствуют азот и свободный кислород, которые поступают в избытке с дутьем и за счет подсоса воздуха.

Газы, сформированные в печном пространстве, определяются многими факторами, которые могут меняться в широких пределах, в зависимости от вместимости и мощности ДСП, марки выплавляемой стали, способа ведения технологического процесса, способов интенсификации, химическим и рациональным составом металлической шихты, а также других характеристик процесса. Интенсивность газообразования в ДСП характеризуется тремя периодами:

- период плавления,
- окислительный период,
- восстановительный период.

Удельное количество газов, образующихся в печном пространстве ДСП в единицу времени, рассчитывается с помощью выражения:

$$V_r = 1,87 \cdot 10^2 (10\Delta C + M_{\text{Э}} + 1,2 \cdot 10^{-3} M_{\text{и}} a) / \tau (CO + CO_2) \quad (1)$$

где V_r - средняя удельная интенсивность газообразования на 1 т стали за время плавки под током, $m^3/ч$; ΔC - количество выгоревшего углерода шихты, %; $M_{\text{Э}}$ - удельный расход электродов, $кг/т$; $M_{\text{и}}$ - удельный расход извести, $кг/т$; a - содержание в извести недопала, %; τ - продолжительность работы дуг, ч; CO и CO_2 - среднее содержание их в газах рабочего пространства, %. Данное выражение основано на уравнении материального баланса углерода за вес период плавки. При этом, оно не учитывает максимальных значений интенсивности газовой выделенности в период плавления и в период окисления плавки, когда в работу включаются газокислородные горелки и фурмы для продувки металла кислородом.

За период плавки металла, с применением газокислородных горелок количество газов, возникающее в печном пространстве, определяется выражением:

$$V_r = V_{CO} + V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_B - V_{O_2} \quad (2)$$

где V_{CO} и V_{CO_2} - количество CO и CO_2 на выходе рабочего пространства, $m^3/ч$; V_{H_2O} - количество водяного пара на выходе печи, $m^3/ч$; V_B - количество воздуха, подсосываемого в рабочее пространство, $m^3/ч$; V_{O_2} - количество кислорода воздуха, израсходованного на горение CO в рабочем пространстве, $m^3/ч$.

Расчёты температур отходящих газов и практические измерения показывают, что максимальные температуры отходящих газов достигаются во время периода плавки и периода продувки металла кислородом. В таблице 1.4 приведены данные температурных зон отходящих газов агрегатов ДСП с использованием газокислородных горелок [6].

Таблица 1. Диапазон температур отходящих газов в зависимости от фазы работы

Фазы работы печи:	Зона температур, °С
Период плавления	800 -1750
Окислительный период	1200-1600
Восстановительный период	1400-1600

В середине прошлого столетия при производстве стали в ДСП, холодных климатических условиях, в частности присутствия снега и льда в металлоломе, при его дополнительной завалке приводили к хлопкам и взрывам, что имело часто тяжёлые последствия для персонала и для оборудования. В целях повышения надёжности, содержащаяся влага в металлоломе перед загрузкой в ДСП, подвергалась испарению. Первая промышленная установка предварительного подогрева металлолома была введена в Норвегии в 1959 году на заводе «Христиания Шпигельверк». Производители с целью повышения производительности агрегатов ДСП и снижения общей себестоимости, кроме выпаривания влаги и сушки скрапа, начали подвергать металлолом нагреву до температуры 800 °С. Процесс предварительного подогрева лома в 50-х годах давал возможность без

особо больших капиталовложений повысить производительность существующих, часто маломощных агрегатов ДСП, от 10 до 20 %. Особенно это представляло большой интерес для регионов, которые имели относительно дешёвые запасы нефти и природного газа. В последующем предварительный подогрев металлолома приводил к снижению времени плавки, расходу электродов, повышению срока службы стен ДСП и снижению содержания водорода в стали [7].

Начальный этап развития установок предварительного подогрева лома начался с использованием энергии природных ископаемых. Первые опыты в этой области проводились в 1956 году фирмой «Финкл и Зоне» в Чикаго (США). Скрап подогревался во время простоев непосредственно в ДСП газовой горелкой. Экономия энергии составляла 45 кВт ч/т. С целью возможности подогрева скрапа не только во время простоев ДСП, был разработан концепт подогрева лома в отдельно стоящем сосуде. В этих процессах применялись загрузочные бадьи, в которой можно сверху или снизу вести сушку и подогрев металлолома[8].

На сегодняшний день, данные процессы не применяются на практике, из-за следующих недостатков:

- логистические сложности подвода материалов,
- низкая мобильность установок и агрегатов,
- необходимость дополнительных мощностей кранов,
- проблема с оптимизацией расположения технологической цепи аппаратов
- ремонт и техническое обслуживание,
- интенсивное и большое выделение вредных веществ,
- низкий коэффициент использования первичной энергии.

Следующим поколением установок предварительного подогрева металлолома можно отнести интегрированные с ДСП или так называемые шахтные печи, которые начали применять в 90-х годах прошлого столетия. Принципиальным отличием данных установок является то, что подогреватель металлолома напрямую установлен эксцентрично на ДСП, который представляет единый агрегат. Отходящие газы, которые образуются в ванне печи, непосредственно проходят через шахту, подогревают шихту и идут в систему газоочистки, где происходит термическая обработка отходящих газов и последующее пылеудаление в фильтровальной установке.

В начальном этапе своего развития интегрированные установки из-за особенностей конструкции позволяла предварительный подогрев металлолома только второй завалки. В последующем этапе развития шахтной печи предусматривает удерживающие пальцы между ванной печи и шахтой, которые позволяют производить 100%-й предварительный подогрев металлолома и использование отходящих газов во время всего процесса работы печи. Шахтная печь с удерживающими пальцами имеет много конструктивных вариантов, которая прошла несколько ступеней развития и совершенствования.

Интегрированные системы процесса предварительного подогрева металлолома решил следующие принципиальные проблемы предшествующих установок:

- Внедрение сложной логистической системы для транспортировки подогретого металлолома, а также не требующие длинных и сложных в обслуживании газоходов, которые были необходимы при подогреве металлолома вне агрегата печи сталеплавильных цехах.
- Необходимость в применении бадьи или других ёмкостей, для подогрева металлолома.
- Смоделированные механизмы интеграции ДСП и подогрева металлолома.
- Повышение температуры подогреваемой шихты за счёт максимального использования коэффициента использования тепла отходящих газов.
- Экономическая целесообразность метода за счёт экономии электроэнергии в интегрированных системах, где на тонну выплавленной стали экономия, составляет до 100 кВт ч/т.

Библиографический список:

1. Киселёв А.Д., Тулуевский Ю.Н., Зинуров И.Ю.: Повышение эффективности газоудаления дуговых сталеплавильных печей. М.: Металлургия 1992. - С. 11-12.
2. Самадов А.У. «Комплексный подход к переработке техногенных образований горно-металлургических производств»// Ташкент. Фан ватехнологиялар. 2019 г. – С. 188.
3. Самадов А.У., Якубов М.М., Худояров С.Р., Санакулов У.К., Жураев Н. «Исследование процесса переработки отходов с содержанием благородных металлов»// Композиционные материалы. – Ташкент, 2013. – №2. – С. 36-38.

4. Сулейманов А.А., Халикулов У.М. Анализ факторов, формирующих угрозы безопасности в процессе рециклинга отходящих газов для подогрева сырья// Горный вестник Узбекистана. 2019. - №4. – С. 81-86.
5. Сулейманов А.А. Рецензия на монографию «Технология очистки и утилизации нефтеотходов с использованием местных сорбентов». Монография Шомансурова С.С. - Саарбрюккен, - С. 3-7.
6. Халикулов У. М., Саидова К.А. Исследование процессов фильтрации с колметацией парового пространства. Материалы республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития» – Навои, 2016. – С. 115-116.
7. Fett, F.; Pfeifer, H.; Siegert, H.: Energetische Untersuchungeines.Hochleistungslichtbogenofens. StahlundEisen 102 (1982), P. 461-465.
8. Brod, H.; Kempkens, F.; Strohschein, H.;Energieruckgewinnungauseinem UHP-Elektrolightbogenofen. StahlundEisen 109 (1989) 5, P. 229-238.

Опарин Антон Юрьевич
Oparin Anton Yurievich

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России

УДК 614.84

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

FIRE SAFETY OF METRO FACILITIES

Аннотация: в статье дан обзор способов обеспечения пожарной безопасности на станциях метрополитена. Приведены статистические данные причин возникновения пожаров в сооружениях метрополитена. Охарактеризованы способы обеспечения пожарной безопасности пассажирских перевозок на метрополитене.

Abstract: the article provides an overview of ways to ensure fire safety at metro stations. Statistical data on the causes of fires in metro structures are provided. Methods of ensuring fire safety of passenger transportation on the metro are described.

Ключевые слова: метрополитен, пожар, пожарная безопасность, транспортные тоннели, линейные объекты, пожарная сигнализация, двухпутный тоннель.

Key words: metro, fire, fire safety, transport tunnels, linear objects, fire alarm, double-track tunnel.

Обширная статистика пожаров и загораний в новейшей истории метрополитенов показывает, что требования норм в известной степени не учитывают реальную пожарную опасность линейных объектов (в том числе двухпутных тоннелей) и потребность в их оснащении пожарной автоматикой, а также не соответствуют техническим возможностям новейших систем противопожарной защиты.

Станция метро «Кировская» открыта 25 декабря 1987 года, предназначена для скоростной подземной перевозки пассажиров. Станция одноводчатая, неглубокого заложения, расположена между периметром СПЗ-9 и пр. Кирова.

Станция метро «Кировская» расположена между станциями «Юнгородок» и «Безымянка». Расстояние до станции «Юнгородок» составляет 1,05км, до станции «Безымянка» составляет 1,58км.

Пожарная опасность подземных сооружений метрополитена характеризуется:

- наличием значительного количества горючих материалов в оборудовании эскалаторных и путевых тоннелей, служебных помещений, а также подвижного состава;
- высокой насыщенностью помещений и сооружений кабельными сетями и электрооборудованием, находящимися под напряжением;
- высокой пожарной опасностью электроподвижного состава, перемещающегося в период эксплуатации по трассе и частично оставляемого для ночного отстоя в тупиках и на станционных путях.

Статистические данные свидетельствуют о том, что в сооружениях метрополитена 42% пожаров возникают на подвижном составе, 25% - в тоннелях, 17% - на станциях и вестибюлях. Причинами возникновения пожаров в 49 % случаях является неисправность электрооборудования, в 18 % - искры от подвижного состава, коротких замыканий, сварочных работ, в 17% - неосторожное обращение с огнем, в 16% - механические неисправности.

Для обеспечения пожарной безопасности пассажирских перевозок на метрополитене существует целый комплекс организационно-технических мероприятий. При выборе типов пожарных извещателей, приемно-контрольных приборов и приборов управления, а также оборудования пожаротушения необходимо, прежде всего, руководствоваться задачей обеспечения пожарной безопасности перевозки пассажиров по транспортным тоннелям метрополитена.

Предпосылкой выбора типа пожарной автоматики для линейных объектов метрополитена является перечень объектов контроля (управления) и защиты, расположенных в транспортном тоннеле:

- кабельные линии с вероятностью пробоя по длине в любой точке;
- узлы крепления контактного рельса с интервалом 4,5--5,4 м по всей линии;
- кладовые службы пути на перегонах;
- электрощитовые и электродвигатели установок тоннельной вентиляции на перегонах;
- электропоезда в тупиковых тоннелях;

- электропоезда в зонах ночного отстоя на станционных путях;
- хозяйственные поезда с мотовозами в качестве локомотивов в любой точке транспортного тоннеля в ночное время;
- электропоезда с пассажирами на главных путях транспортных тоннелей в любой точке перегона;
- дымовые клапаны (как объект управления) в двухпутных тоннелях с интервалом по их длине не более 100 м [3].

Перечень линейных объектов на станциях:

- кабельные сооружения (кабельные подвалы, подплатформенные, подэскалаторные и обводные кабельные коллекторы);
- эскалаторные тоннели [3].

Выполненный анализ пожарной опасности линейных объектов и перечень объектов контроля и управления позволяет сформулировать определенные требования к системам пожарной сигнализации:

1. В транспортных тоннелях, ввиду наличия в них воздушных вентиляционных потоков, не должны применяться точечные дымовые пожарные извещатели и аспирационные системы пожарной сигнализации.
2. Для транспортных тоннелей необходимо применять линейные тепловые извещатели.
3. Линейные тепловые извещатели должны быть устойчивы к внешним электромагнитным помехам.
4. Для получения адреса «теплого события» в тоннеле линейный тепловой извещатель должен обеспечивать локализацию места пожара с точностью до 1 м. «Тепловым событием» в данном контексте следует считать локальный нагрев любого объекта в любой точке транспортного тоннеля.
5. Система АПС должна давать в режиме реального времени картину температурного поля линейного объекта наблюдения и адресный допожарный сигнал о тепловом событии в локальной его точке.
6. Система автоматической пожарной сигнализации (АПС) должна давать визуальную информацию на монитор оператора диспетчерского пункта линии в виде «картинки» температурного поля по всей длине линейного объекта в реальном времени.
7. В тупиковых тоннелях и тоннелях со станционными путями, предназначенными для ночного отстоя электропоездов, система АПС должна формировать сигнал на запуск системы автоматического пожаротушения.
8. В двухпутных тоннелях с продольно-поперечной схемой дымоудаления система АПС должна формировать сигнал на адресное открывание клапана(ов) в зоне пожара в тоннеле и запуск установки тоннельной вентиляции для локального удаления дыма из зоны задымления [3].

Следует особо рассмотреть пожары электропоездов с остановкой в двухпутном тоннеле. Общеизвестно, что остановка в тоннеле горящего электропоезда с пассажирами может произойти по ряду объективных причин технического характера. При этом требование инструкции о безостановочном движении горящего электропоезда до ближайшей станции останется неисполненным.

В этом случае требуется оперативное принятие решений по расстановке других поездов на станциях, снятию напряжения с контактного рельса, организации эвакуации пассажиров на станцию, обеспечению незадымленных путей эвакуации пассажиров к станции(ям) с помощью локального открывания в двухпутных тоннелях люков продольно-поперечной системы дымоудаления. Система пожаробнаружения на основе оптоволоконного кабеля в данном случае позволит получить и передать в ситуационный центр конкретную информацию о месте остановки электропоезда в тоннеле (с привязкой к пикетам) и координатах очага в электропоезде, а также сформировать управляющие сигналы для запуска системы дымоудаления и открывания дымовых клапанов (люков) в тоннеле над очагом горения.

Применение в транспортных тоннелях системы пожарной сигнализации на основе многомодовых оптоволоконных кабелей также позволит решить вопрос эффективного применения в зонах ночного отстоя электроподвижного состава современных автоматических установок пожаротушения.

Библиографический список:

1. Курышев В.А. Повышение уровня пожарной безопасности объектов метрополитена – путь к обеспечению общей безопасности пассажиров // Международная ассоциация «Метро». 2019. №5. С.25-27.
2. Подчасов М.С. Ефименко В.Л. Возможные проблемы в проведении пожарно-спасательных работ при эвакуации людей с подземных метрополитенов при возникновении пожаров и других чрезвычайных ситуаций // ГОУВПО «Академия гражданской защиты». 2020. №1. С.497-502.
3. Прохоров В.П. Пожарная безопасность линейных объектов метрополитена // ТБ Форум. 2019. №3. С.13-21.

Алишев Санат Талгатович
Alishev Sanat Talgatovich

Студент Евразийского Национального Университета имени Л. Н. Гумилева
E-mail: sanat_12_94@mail.ru

УДК 550.34

СЕЙСМОЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ

SEISMIC PROTECTION OF STRUCTURES AND METHODS FOR INCREASING THE EARTHQUAKE RESISTANCE OF BUILDINGS

Аннотация: Всем известно, что сейсмоопасные районы Казахстана по площади составляют около 30 % от всей территории республики. В 7-8 балльной зоне расположены такие города Тараз, Талды-Курган, Чимкент, а в 9-10 балльной зоне – самый крупный культурно-экономический центр Казахстана, где проживает около 1,5 миллиона граждан город Алматы. В этой связи вопросы обеспечения сейсмостойкости зданий на территории стран приобретают весьма актуальное значение. Конечно, мы не можем вкладывать столь много средств, чтобы вовсе не возникало ущерба от землетрясений, но предотвратить человеческие жертвы мы обязаны. Поэтому сейсмическая безопасность – это, прежде всего, конструктивная безопасность, т.е. такая надежность зданий, чтобы

Abstract: Everyone knows that the seismic hazardous areas of Kazakhstan account for about 30% of the entire territory of the republic. Such cities of Taraz, Taldy-Kurgan, Chimkent are located in a 7-8 point zone, and in the 9-10 point zone - the largest cultural and economic center of Kazakhstan, where about 1.5 million citizens live - Almaty city. In this regard, the issues of ensuring the earthquake resistance of buildings on the territory of countries are acquiring very urgent significance. Of course, we cannot invest so much so that there is no damage from earthquakes, but we must prevent human casualties. Therefore, seismic safety is structural safety - such reliability of buildings so that they do not kill, even being damaged during earthquakes.

Ключевые слова: сейсмозащита, землетрясение, сейсмическая активность, активная и пассивная сейсмозащита, сейсмоизоляция.

Keywords: seismic protection, earthquake, seismic activity, active and passive seismic protection, seismic isolation.

Предложения по повышению сейсмостойкости зданий за счет создания специальных опорных узлов

В качестве основного иллюстративного примера выберем наиболее простой, в конструктивном отношении, тип здания – здание с нижним каркасным этажом.

На таком примере, который представляется практически важным, вместе с тем удобно проиллюстрировать некоторые возможности повышения сейсмостойкости зданий.

Проблеме «гибкого этажа» посвящено много исследований, в частности, в работах [1,2,3,4,5,6,7] раскрыт круг вопросов, связанных с необходимостью повышения надежности такого типа зданий. При 9 балльном землетрясении исключить значительные повреждения «гибких» стоек (без использования специальных мер) практически невозможно.

Натурные испытания зданий с нижним каркасным этажом показывают, что периоды свободных колебаний таких зданий (T), как правило, не превышают 0,5-0,6 сек, что недостаточно для обеспечения низкого значения коэффициента динамичности, необходимого для реализации должного уровня сейсмоизолирующего эффекта в упругой стадии работы гибких стоек.

В качестве примера, свидетельствующего за неизбежность значительных повреждений «гибких» стоек, можно привести данные для Токио [8], где вероятность события, что за 75 лет при $T_1=0,5$ сек ускорение реакции превысит 0,5g составляет 64%, соответствующая вероятность для 1,2g – 10%.

Несущая способность такого здания определяется несущей способностью каркасного этажа. Поэтому исключению возможности разрушений «гибких» стоек должно уделяться особое внимание.

Для опорных зон стоек, концентрация максимальных усилий (M , Q , N) знакопеременность

состояний сжатия и растяжения арматуры приводит к появлению нормальных сквозных трещин. Зона бетона с обжатыми трещинами слабо сопротивляется срезу. Появляющаяся наклонная трещина, объединяя нормальные, заставляет работать опорную зону стойки по схеме полуарки с затяжкой – растянутой арматурой. Последующие смены знака усилий приводят к выпучиванию арматуры. Низкая сейсмостойкость рассматриваемого типа зданий объясняется быстрым исчерпанием его несущей способности, происходящим либо вследствие скорого образования механизма бокового смещения, либо из-за недостаточной прочности зоны локального разрушения колонн для передачи нагрузки.

Малая мощность пластических деформаций «гибкого» этажа может обусловить обрушение здания, несмотря на кратковременность характера разрушительного воздействия.

Жесткие рамные узлы являются зонами концентрации максимальных усилий. Разрушения в этих зонах могут происходить как по узлу, так и по опорным зонам элементов, сходящихся в узле. Рациональными условиями являются расширенная возможность упругопластического шарнира в ригеле по сравнению с возможностью значительного повреждения стойки или рамного узла.

Эти условия выполняются с одной стороны – обеспечением высокой прочности элементов по наклонным сечениям, а с другой – ограничением процента продольного армирования. Исключению переармирования зон концентрации напряжений может способствовать перераспределение усилий, производимое в соответствии с «Руководством» [9]. Из условий надежности каркасной конструкции, снижение требуемого армирования наиболее перегружающих зон стоек должно ограничиваться дополнительными условиями, учитывающими, что появление повреждений в стойках и рамных узлах может обусловить потерю несущей способности конструкции по устойчивости. Снижение армирования опорных сечений ригелей следует, в основном, производить за счет перераспределения расчетных усилий во внеузловые зоны (пролетные сечения ригеля). Такая мера будет способствовать унификации изделий. Для условий высокоинтенсивных воздействий целесообразно использовать локализацию повреждения в рациональных (специально заданных) местах конструкции; например, в зонах близких к нулевым моментным точкам.

Локализация повреждений в заданном месте (специальном узле) может быть достигнута за счет использования хрупкого характера работы бетона и тонкостенности ограждающей конструкции специального узла. Конструкция такого опорного узла должна обеспечивать передачу вертикальной нагрузки на опорную часть узла независимо от объема накопленных повреждений в специально предусмотренной обойме (оболочке), объединяющей составные части узла.

При отсутствии поперечного армирования и высокой погонной жесткости несущая способность обоймы определится ее работой на срез. Тогда, согласно [10, п.п.3.29-3.37] может быть записано следующее условие:

$$0,6R_p^{об} B_{об} h_{о.об} \leq Q_{об} = \frac{1,2R_p^{об} B_{об} (h_{о.об})^2}{c} \leq 2,5R_p^{об} B_{об} h_{о.об} \quad (2.1)$$

Здесь и при следующем изложении сохраняются обозначения СНиП с добавлением поясняющих индексов: «об» - обойма (оболочка), «по» - опора, «у» - узел и т.п.

Поперечная сила, воспринимаемая специальным узлом в различных состояниях повреждения обоймы, может быть определена с помощью теории составных строительных стержней А.Р.Ржаницына и Соответствующих экспериментальных данных о сдвиговой податливости составляющих элементов узла. Некоторые показатели, а сдвиговой податливости соединения с арматурными связками приведены в «Пособии» [11] и в работе [12]. Для определения несущей способности обоймы на срез с учётом наличия в ней распределённой продольной арматуры может быть использована «Инструкция» [13], а для учёта циклического деформирования – «Рекомендаций» [14,15].

Влияние трения на начало локализации повреждений – несущественно. Конструктивные особенности узла позволяет предположить, что с началом повреждений дальнейшее их накопление будет происходить в специальном узле.

Рассмотрим вариант такого узла с одинаковой высотой h для стойки и обоймы, при высоте зоны локального разрушения $H_{об} > H_0$. На основании нормативных зависимостей.

$$Q^{об} \text{ min} = 2R_p^{об} t h_0, \quad (t=2b_{об}) \quad (2.2)$$

$$Q^{об} \text{ max} = 5R_p^{об} t h_0 \quad (2.3)$$

В момент, предшествующий началу обрушения бетона оболочки, несущая способность узла по наклонному сечению определится, в основном, работой на срез арматуры, находящиеся в стенке двутавра приведенного сечения оболочки. Так как $C_\phi \approx h_0$, то

$$Q_a^y \approx 0,707 R_{ax} m_{кр} \sum F_a / 2, \quad (2.4)$$

где - $\sum F_a$ общая площадь сечения арматуры оболочки.

Поперечная сила в уровне подвальной части здания (месте организации специальных узлов) равна векторной сумме горизонтальных сейсмических сил, возникающих в вышележащих уровнях. Поэтому для обеспечения локализации повреждений в специальных узлах необходимо чтобы несущая способность оболочки было меньше несущей способности других элементов (или зон) в надузловой конструкции; как правило - это опорные зоны стоек 1го этажа.

Условия по опережению повреждаемости бетона ограждающие оболочки и в сравнении с возможностью существенного повреждения основной конструкции можно определить через отношения:

$$R_H^{(Mmax)} \approx [Q_{ст}^{(Mmax)}] / Q^{об,max}; \quad R_H^{(Qmin)} \approx [Q_{ст}^{min}] / Q^{об,max}; \\ R_H = \min\{R_H^{(Mmax)}, R_H^{[Qmin]}\}, \quad (2.5)$$

где $[Q_{ст}^{(Mmax)}]$ - несущая способность опорной зоны стойки первого этажа, определённая с учётом учащенного шага хомутов и наличия нормальных трещин в сечениях с $M \approx Mmax$;

$[Q_{ст}^{(min)}]$ - несущая способность стойки в зоне, где шаг хомутов наименьший, а $Q \approx \max\{Q\}$.

$$2R_p b h_0 \leq [Q_{ст}] \leq 0,35 R_{пр} b h_0 m_{кр}$$

Выполнение конструктивных требований норм [16], обеспечивает выполнение условия. Поэтому $[Q_{ст}^{(min)}] \geq 2R_p b h_0$.

Величину $[Q_{ст}^{(Mmax)}]$, для определенности и уменьшения развития нормальных трещин в опорной зоне стойки 1-го этажа, примем равной половине максимально допустимого значения, т.е. –

$$[Q_{ст}^{(Mmax)}] \approx 0,16 R_{пр} b h_0.$$

В запас надежности будем считать, что $[Q_{ст}^{(min)}] \approx 2R_p b h_0$.

$$\text{Тогда:} \quad R_H^{(Mmax)} \approx 0,032 R_{пр} b / (R_p^{об} t); \quad (2.6^1)$$

$$R_H^{(Mmax)} \approx 0,4 R_{пр} b / (R_p^{об} t); \quad (2.6)$$

Для часто встречающегося в практике случая – бетона марки 300, значения отношений (2.6¹) и (2.6) будут близки между собой. В остальных случаях эти отношения также не будут иметь больших различий. Это позволяет, для первого приближения, ограничиться вторым условием (2.6).

Из-за тонкостенности обоймы прочность ее бетона будет ниже прочности бетона основной конструкций. Вместе с тем, коробчатая форма сечения обуславливает более высокое значение несущей способности обоймы на срез. (Наличие полков в двутавре приведенного сечения обоймы при расчете прочности по наклонным сечениям нормативной методикой не учитывается). Продольное армирование обоймы, выполняемое с частым шагом, также будет препятствовать ее разрушению. Если оговоренные положительные и отрицательные факторы будут взаимкомпенсирующими, то при $h=h_{об}$, $R_{пр} \cong 12,5 R_p$ – $R_h \cong 0,4 B/t$. Например, для среднего значения: $R_h = (1+1/K_1)/2$, ($k_1=0,25$), - $t(R_h=2,5) \cong 0,16 B$.

Нормативная расчетная нагрузка на раму «а» в 2 раза больше, чем на раму «б» ($S_a \cong 2S_b$), так как периоды их собственных колебаний различаются в 2 раза ($T_6 \cong 2T_a$). При этом максимальные усилия в стойках обеих систем будут одинаковыми ($M_a^{max} \cong M_b^{max}$, $N_a \cong N_b$).

Для условий кратковременных разрушительных воздействий система «а» предпочтительней «б» уже потому, что для получения механизма в нее надо ввести 4 шарнира (~ 4 локальных разрушения стоек) в то время, как в систему «б» - только 2 шарнира.

При переходе системы «а» в «б», возможном при допущении накопления повреждений только в нижних узлах, конструкция будет увеличивать период собственных колебаний, отстраиваясь таким образом от резонансного режима. Равенство нормативных расчетных усилий для сравниваемых рам позволяет предполагать, что при таком переходе сейсмостойкость конструкции сохранится. При этом принимается во внимание кратковременность разрушительного воздействия. Вместе с тем, для систем с изменяющейся структурой снижение сейсмических нагрузок не всегда связано со

снижением расчетных усилий; и наоборот. Справедливость такого утверждения может быть доказана и на примере рассматриваемого случая.

Действительно, если в конечном состоянии (системе «б») снижение нагрузки будет меньше, чем в 2 раза ($S_b > S_a/2$), то и максимальные усилия в ней будут больше, чем в исходной системе «а» ($M_b^{max} \cong M_a^{max}$, $N_{b(M)} > N_{a(M)}$). Поэтому можно ожидать накопления повреждений уже в верхних узлах рамы. Возможность значительного превышения расчетных усилий может обусловить исчерпание несущей способности конструкции, вследствие образования механизма бокового смещения, несмотря на существенное снижение («регулирование») расчетной сейсмической нагрузки.

При включении в опорные шарниры системы «а» связей, запрещающих поворот, произойдет обратный переход «б» - «а». Для конструкций с одинаковой прочностью верхней и нижней опорных зон стоек можно быть допущено значительное возрастание сейсмической нагрузки. Увеличение нагрузки не будет представлять опасности для конструкции до тех пор, пока $S_a < 2S_b$, так как максимальные усилия стойках при этом будут определяться значениями исходного состояния «б».

Затухающий характер землетрясения определяет соответствующее возрастание во времени его преобладающего периода. Поэтому с включением связей отстройка от резонансного режима будет наблюдаться более ярко, чем при выключении связей. Вместе с тем процесс смены состояний при включении связей приведет к большему росту дополнительных усилий, чем в случае выключения связей. В связи с чем, целесообразно обеспечивать расширенную возможность упругопластического деформирования элементов и предусматривать меры, направленные на исключение возможности проявления разрушающих ударных эффектов.

Приведенный пример позволяет сделать выводы, что для конструкций, являющихся в условиях сейсмических воздействий представителями систем с изменяющейся структурой, следует прежде всего стремиться к ограничению усилий, способных привести к разрушению основных элементов, и уже в этой связи использовать регулирующую перестройку структуры системы, и, соответственно, регулирование сейсмической нагрузки.

В определенном смысле, связанном с включением внутренних связей, можно говорить и о разгружающем действии реактивных моментов, возникающих в сопряжениях взаимно-смещаемых и поворачивающихся частей системы. Произведем предварительную оценку преимуществ рамных конструкций со сферическими опорными поверхностями. Концентрация максимальных усилий в зоне примыкания стойки к ригелю, обусловит локальный характер разрушения этой зоны. Поэтому для значения кривизны $1/\rho_{ст} = M/V$ будем использовать значение V , для определяемого формулой (158). Тогда соотношение начальной жесткости стойки, к жесткости, зависящей от трещинно-образования, $\vartheta_T = E_0 J_{пк} / V$, для квадратного сечения стоек ($F_a = F_a^1$, $h_0 \cong 0.85h$, $n = E_d/E_0$, $M_a = F_d/H^2$, $\Psi_0 = 0.9$, $\gamma = 0.45$), определится значением

$$\vartheta_T \cong \frac{n}{12} \frac{h}{z} \left[2.4 \left(M_a + \frac{1}{n\xi} \right) + \frac{\psi a}{n2M_a} \left(1 - \frac{N_c}{M_3} z_1 \right) \right], \quad (2.7)$$

Где $N_c = N_{\perp} \pm N_s$; $M_3 = M_{\perp 3} \pm M_{s3}$;

(N_{\perp} , $M_{\perp 3}$ и N_s , M_{s3} – соответственно, усилия от вертикальных и сейсмических нагрузок).

Знакопеременность M_s и N_s , возможность проявления растягивающих усилий ($N_s > N_{\perp}$) будут способствовать проявлению хрупкого характера разрушения конструкции. Адаптивный эффект, связанный с ростом периода колебаний в процессе накопления повреждений, в таком случае будет сопровождаться значительным возрастанием усилий от действий вертикальных нагрузок, в т.ч. – и инерционных, на перемещениях, обуславливаемых ростом и накоплением необратимых деформаций. Поэтому сейсмостойкость конструкции будет в значительной степени определяться продолжительностью воздействия.

В этой связи следует заметить, что график: реактивный момент – деформация рамного узла состоит из 2-х ветвей – восходящей и нисходящей, с экстремумом, соответствующим началу накопления пластической деформации в арматуре [17,18] и что использование идеализированной диаграммы Прандтля приведет к завышению оценки сопротивляемости такой конструкции перегрузочным циклам сейсмического воздействия.

В настоящей работе не ставится задачи исследования несущей способности конструкций по устойчивости. Преследуется лишь цель получить приближенную сравнительную оценку преимуществ от создания сферических опорных поверхностей. Это позволяет вносить в условия проводимой оценки значительные упрощения и допущения.

Задачу будем ставить в аспекте нахождения критической жесткости упругой заделки стержня (изгибной жесткости стойки в раме с шарнирным опиранием). Пусть радиус вращения стойки, определяется отношением – $\tau_j = e/M$, где $M > 1$ – характеристика, в обобщенной форме учитывающая изменение положения равнодействующей реактивных моментов в систем, вызываемое продольным изгибом стоек.

С накоплением повреждений изгибная жесткость стойки уменьшается. Для конечного («j»-го) состояния, определим эту жесткость, согласно (2,7), через отношение

$$C_o \cong C_i \cong C_H / \vartheta_{T_i} = 3E_i J_p / L^3, \quad (C_H = 3E_0 J_p / L^3) \quad (2.8)$$

Дифференциальное уравнение вращательного движения стойки может быть записано в виде

$$\tau_j^2 \psi + 2E(\varphi) i g + \left(\frac{C_o L^2}{m M^2} - \tau_j g \right) \varphi = 0 \quad (2.9)$$

Приравнявая к нулю коэффициент при φ и используя замену (2,8), находим критическую жесткость

$$C_H^{кр} \cong \frac{m g \tau_j}{e^2} M^2 \zeta_{T_j} \quad (2.10)$$

На потерю устойчивости конструкции при землетрясении, кроме учтенных, будет влиять множество других факторов. Так, например, одним из основных факторов будет являться накопление остаточных деформаций в конструкции и смещение при этом положения устойчивого равновесия.

Учтем эти факторы, совместно с условной величиной M , с помощью некоторой обобщенной величины $\zeta_p = \Phi(P_1, \dots, P_i, \dots, P_n)$, где P_i – фактор, влияющий на потерю устойчивости.

Тогда будет сохранена форме записи (2.10) и условие по исключению обрушений может быть записано в виде

$$C_H \geq R_H m g \tau_j \zeta_p \zeta_T / L^2 \quad (2.11)$$

Где R_H – коэффициент надежности.

В зависимости от направленности выводов из (2.11) это условие может быть предоставлено в следующих записях:

$$\text{Min}\{E_0 J_p\} = R_H m g \tau_j \zeta_p \zeta_T / 2.55 = [E_0 J_p] \quad (2.11a)$$

(чем меньше возможный объем накопления повреждений – меньше ζ_{T_j} , тем меньше может быть назначено сечение стойки, соответственно – меньше $[E_0 J_p]$; и наоборот...);

$$\text{или в виде} - \text{Max}\{\zeta_T\} = [\zeta_T] = 2.55 E_0 J_p / (R_H m g \tau_j L \zeta_p) \quad (2.11b)$$

(чем выше начальная жесткость стойки – $E_0 J_p$, тем большим может быть допустимый в ней объем повреждений, соответственно – величина $[\zeta_T]$; и наоборот ...).

Из условия (2.11) следует, что сечение колони должны назначаться по возможности большими. Но так как при этом повышается собственная частота колебаний системы, то, соответственно, возрастет и нормативная расчетная нагрузка. Таким образом наложение условия (2.11) и условий, определяемых спектральной характеристикой воздействия, обуславливают нерациональность мер, связанных с повышением жесткости конструкции. Следовательно, основными традиционным мерами, повышающими сейсмостойкость конструкции, в таких случаях должны служить мер, ограничены или связаны с большими затратами. Используя формулы изгиба консольного стержня с сосредоточенной нагрузкой S , приложенной на расстояние L от защемления, вводя обозначение $K_{(1)} = (2L^3 - 3\tau_b \ell^2 + \tau_b^3) / (2M\tau_b \ell^2)$, находим для малых углов поворота: $X_1 \cong SK_{(1)} M \tau_b \ell^2 / 3EJ$; $x_2 = \tau_j \varphi$; $\varphi_2 = S \ell^2 / (2EJ)$;

$$\varphi = S \ell^2 / (3MEJ); \quad \varphi_2 = \frac{3}{2M} \varphi; \quad \psi = K_{(1)} \frac{\tau_b}{\rho} \varphi; \quad X_L = R_{(1)} r b r_H / p.$$

При аналогичных допущениях и упрощениях уравнение вращательного движения запишется в виде

$$\tau_j^2 \zeta + 2E(\varphi) i p + g_{tk}(\varphi) \zeta g_{ni} p + g_{x_L} + (C_o \ell^2 / (m M^2) - g_j) \varphi = 0 \quad (2.12)$$

Определенность положений устойчивого равновесия (устойчивость в «большом») позволяет в первом приближении пренебречь факторами, связанными с временным смещением положения устойчивого равновесия, происходящим за счет действия сил сухого трения и вибрационного перемещения. При этом принимается во внимание, что $k(0) < k(\varphi)$. Тогда

$$C_o^{кр} \cong \frac{m g}{\tau_j} (1 - K_{(2)}) \frac{\tau_j}{\rho} - \frac{k(0)}{\tau_j}, \quad (2.13)$$

где

$$K_{(2)} \cong M \tau_H (2\ell^2 - 3\tau_b \ell^2 + \tau_b^3) / (2\ell^4). \quad (2.14)$$

В пределе, когда верхний опорный узел стойки становится шарнирным: $C_o \cong 0$; $\tau_j \cong \ell$; $K_{(1)} \cong$

1 ; $\varphi_1 \cong \varphi$, см.рис. 1.12, дифференциальное уравнение вращательного движения может быть записано в виде:

$$\tau_j^2 \varphi + 2\varepsilon(\varphi) \dot{\varphi} + g(X_2 - X_L - \kappa(\varphi) \zeta g n \dot{\varphi}) = 0$$

Применяя замены: $X_2 \cong \varphi \ell$, $X_L = \varphi \tau_H \tau_B / (\tau_H - \tau_B)$, находим, что при $\ell \leq \tau_H \tau_B / (\tau_H - \tau_B)$ устойчивость равновесия обеспечивается даже в случае образования механизма бокового смещения с «чистыми» шарнирами в местах сопряжения стоек с жестким ригелем.

Приведенные зависимости свидетельствуют о рациональности применения опорных сферических поверхностей. Следует заметить, что за счет придания опорной поверхности сферической формы в системе будут реализовываться сейсмоизолирующие эффекты, связанные с податливостью основания, и что взаимодействием таких поверхностей будет обуславливаться преобразование горизонтальных колебаний в вертикальные, которые для железобетонных конструкций не смогут представлять особой опасности по сравнению с горизонтальными.

Эффективной мерой снижения усилий в надузловой конструкции может считаться создание «скользящего слоя». При этом принимается во внимание, что в процессе проскальзывания происходит выравнивание горизонтальных нагрузок между составляющими несущим элементами надопорной части здания.

Введение гибких арматурных связей позволит: исключить явление подбрасывания», придать восстанавливающей силе системы, при относительно малых смещениях, нелинейно-упругие свойства, а силе трения – свойство позиционности, что в целом позволит исключить возможность развития значительных резонансных эффектов. С расширением возможности упругопластического деформирования связей, в моменты восприятия перегрузочных циклов воздействия, достоинства системы будут дополняться преимуществами упругопластических систем, с тем отличительным достоинством, что накопление повреждений будет происходить не в основных элементах, а в резервных арматурных связях. В случае накопления больших остаточных деформаций в связях, или при их разрыве, ограничение перемещений обеспечивается включением в работу системы стен подвала (упора-ограничителя). Для смягчения соударений зазор предполагается заполнять легко деформирующимся материалом.

Совместно с направленной локализацией повреждений такие меры позволят повысить надежность работы системы в условиях интенсивных воздействий и неопределенности сейсмологической ситуации. При этом, учитывая редкость и кратковременность разрушительных землетрясений, оболочки специальных узлов могут рассматриваться в качестве индикаторов по контролю накопления повреждений от более слабых землетрясений, указывающих на целесообразность своевременного производства работ по восстановлению исходного состояния системы путем ремонта оболочек.

При приведенной постановке вопросов сейсмозащиты, ставится задача использования специальных узлов в качестве ограничителей расчетных усилий для надузловой части конструкции. При этом принимается во внимание рациональность использования такой меры как ремонтно-восстановительные работы при незначительных затратах на их производство. Рациональность некоторых приемов активной сейсмозащиты, использованных в предложенной конструкции, может быть косвенным образом подтверждена результатами обследований некоторых зданий, благополучно перенесших разрушительные землетрясения.

В качестве примеров конструкций, реализующих фракционный эффект и перестройку структуры системы, могут служить каркасные здания сталелитейного завода и универсама в Консепсьоне (Чили, землетрясения 1960 г.) в первом случае снижения сейсмических нагрузок достигалось возможностью взаимных, относительно малых (2-3 см) смещений здания и свайного основания за счёт организации "промежуточной подушки", а во-втором - отстройкой системы от неблагоприятных (высокочастотных) характеристик воздействия путем изменения характера связей обобщенной массой с основанием (выключение нижних диагональных связей каркаса, сопровождающееся пластическими деформациями и трением в соединениях).

Рассеивание энергии воздействия трением в соединениях несущих и ненесущих элементов и изменением в процессе проскальзывания частотных характеристик могут быть объяснены многие эффекты, определяющие высокую сейсмостойкость конструкций или их приспособляемость к воздействию разрушительных землетрясений. Например, этим значительной степени объясняется высокая сейсмостойкость здания с деревянными рублеными стенами (землетрясения в Верном 1887 г. и 1911 гг.) отсутствие обрушений крупнопанельных зданий, не рассчитанных на разрушающие

сейсмические воздействия (землетрясения в Газли, 1976 г.)

Об эффективности включения внутренних связей системы, с увеличением деформаций основных элементов, можно судить по последствиям землетрясений в г. Лиме (Перу) 1966 г. и 1974 г. на примере здания университета. Это здание получило в 1966 году типичные повреждения колонн на коротких участках оконных проемов. На этих участках между колонной и кирпичной кладкой были прорублены зазоры и заполнены затем упругим материалом. В 1974 г. колонны не получили повреждений.

Библиографический список:

1. Айзенберг, Я.М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов / Я.М. Айзенберг // – М.:Стройиздат. – 1976.
2. Деглина М.М. Оптимизация динамических характеристик сооружений с резервными выключающимися элементами и ограничителями перемещений при сейсмических воздействиях от ближних и дальних очагов: автореферат кандидатской диссертации/ М.: 1978.
3. Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. EN 1998.
4. Gabriel Dănilă: « Study on the Effect of Uplift-Restraint on the Seismic Response of Base-Isolated Structures» (October 2013 *Ovidius University Annals Series: Civil Engineering*).
5. Поляков С.В. Снижение сейсмических реакций сооружений путем применения динамических гасителей колебаний: Автореферат кандидатской диссертации / С.В.Поляков. – МИСИ, -М.: 1978. – 21с.
6. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений / С.В.Поляков, - М.:Строй-издат, 1978. - 311с.
7. Турсумуратов М. Сейсмостойкость зданий с первым гибким этажом
8. Исследование упругопластических систем. Сб: Сейсмостойкие сооружения и теория сейсмостойкости (по материалам У Международной конференции по сейсмостойкому строительству) / - М: Стройиздат, 1978.
9. Поляков С.В., Килимник Л.Ш. Рекомендации по проектированию зданий с сейсмоизолирующим скользящим поясом и упругими ограничителями смещений / М.: 1982. 7-11 с.
10. СНиП РК 5.03-34-2005. Бетонные и железобетонные конструкции.
11. Пособие по расчету крупнопанельных зданий. Вып.1.(Характеристики жесткости стен, элементов и соединений крупнопанельных зданий) / -М.: Стройиздат, 1974. -41с.
12. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных конструкций / -М.: Стройиздат, 1980. -192 с.
13. «Инструкция по проектированию конструкций панельных жилых зданий». Госгражданстрой / -М.: Стройиздат, 1978. -77 с.
14. Рекомендации по расчету прочности и жесткости железобетонных рам с нелинейными диаграммами деформирования узлов и элементов на горизонтальные нагрузки / -М.: Стройиздат, 1976, -35 с.
15. Рекомендации по расчету и конструированию крупнопанельных зданий, строящихся в сейсмических районах с учетом циклического деформирования их элементов / М., 1980. – 51 с.
16. СНиП РК 2.03-30-2006. Строительство в сейсмических районах.
17. СНиП 5.04-23-2002. Стальные конструкции.
18. Шапиро Г.А., Оганян А.А., Фрайт М.Я. Об учете податливости рамных узлов при расчете рам на горизонтальные нагрузки / ЦНИИЭП жилища, 1974. 179-183 с.

Научное издание

Коллектив авторов

Сборник материалов LX Международной научной конференции «Техноконгресс»

ISBN 978-5-6040934-2-9

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2020