

СЕЙСМОКОРГОНУУНУН АКТИВДҮҮ СИСТЕМАЛАРЫН АНАЛИЗДӨӨ ЖАНА АЛАРДЫ ИЗИЛДӨӨНҮ КЫРГЫЗСТАНДЫН ШАРТЫНДА КАЙРА ЖАНДАНДЫРУУ

Р.А.Мусаков

Жер титирөөгө туруктуу курулуш жана инженердик долборлоо мамлекеттик институту, Эл аралык инновациялык технологиялар университети, musakov-79@mail.ru

Аннотация: Бул макалада байыркы активдүү сейсмикалык системаларын анализ жүргүзүлгөн. Айрым изилдөөлөр шар опорларынан турган сейсмоплатформаны колдонуп иш жүргүзүлгөн. Сейсмоплатформа сейсмостойктуу курулуш жана инженердик долбоорлоо мамлекеттик институту аймагында курулган. Бул курулуш компанияларынын жана кызыккан тараптардын катышуусу менен изилдөөлөрдү улантуу үчүн каалайт.

АНАЛИЗ АКТИВНЫХ СИСТЕМ СЕЙСМОЗАЩИТЫ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОДОЛЖЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСТАНА

Р.А.Мусаков

Государственный институт сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования, Международный университет инновационных технологий, musakov-79@mail.ru

Аннотация: Данная статья содержит анализ старых активных систем сейсмозащиты. Отдельные исследования были проведены с использованием платформы на шаровых опорах, разработанном и построенном на территории Государственного института сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования. Требуется возобновить исследования с привлечением строительных организаций и заинтересованных сторон.

ANALYSIS OF ACTIVE SEISMIC PROTECTION SYSTEMS AND THE POSSIBILITY OF CONTINUING RESEARCH IN KYRGYZSTAN

R.A.Musakov

State Institute of Earthquake Engineering and Engineering Design, International University of Innovative Technologies, musakov-79@mail.ru

This article contains an analysis of old active seismic protection systems. Separate studies were carried out using a platform on ball bearings, designed and built on the territory of the State Institute of Earthquake Engineering and Engineering Design. Resume research with the involvement of construction organizations and stakeholders.

Введение: Кыргызская Республика расположена на одном из наиболее опасных в сейсмическом отношении районе, большинство населенных пунктов республики имеют расчетную сейсмичность 9 баллов.

Поэтому максимальное снижение стоимости, трудоемкости и материалоемкости антисейсмических мероприятий при одновременном обеспечении надежности зданий является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Одним из основных направлений поиска оптимальных экономичных проектных решений в сейсмостойком строительстве является снижение величин сейсмической нагрузки. Поскольку сейсмическая нагрузка является инерционной динамической, то её величина во многом определяется собственными динамическими параметрами сооружения. Поэтому

влияя соответствующим образом на динамические характеристики здания, можно изменять и сейсмическую реакцию здания.

Снижение динамической нагрузки от промышленных источников вибрации достигается выбором собственных частот здания, существенно отличающихся от частот вынужденных колебаний.

Для снижения сейсмических нагрузок такой метод для многих случаев оказывается неприемлемым. Это объясняется рядом причин. Анализ прошедших землетрясений показывает, что даже на одной и той же территории возможны землетрясения, существенно отличающиеся по своему спектральному составу, что объясняется различием в энергии, механизме очага, условий распространения сейсмических волн и т.д.

Развивающаяся в последнее время концепция самонастраивающихся, адаптирующихся систем сейсмической защиты учитывает разнообразие частотных спектров возможных землетрясений. Снижение сейсмической нагрузки в зданиях, снабженных такими системами, происходит за счет перестройки динамической структуры во время землетрясения, позволяющей зданию "уходить" от резонансов.

Системы сейсмозащиты, относящиеся к классу адаптивных систем, могут быть нескольких типов. По виду динамической характеристики они могут быть классифицированы как нелинейные и нестационарные (кусочно-стационарные). Динамическая характеристика некоторых из них описывается жесткой билинейной характеристикой, т.е. сооружение в начальном состоянии является относительно гибким, а с увеличением амплитуды колебаний его жесткость увеличивается за счет включения дополнительных связей.

Системы сейсмоизоляции и конструктивные особенности

В начале нашего века после землетрясения в Сан-Франциско и Токио появился интерес к специальным конструкциям подземной части зданий, способным уменьшить инерционные силы в их надземных частях. В 1925 г. М. Вискордини были опубликованы предложения по устройству в подземной части зданий катковых опор или колонн со сферическими верхними и нижними опорами. /1/.

В США в 1934г. Беднароки была предложена катковая опора с гидравлическим демпфером, способным обеспечить аperiodический характер колебаний. В сейсмоизолирующей системе Гонсалеса-Флореса /1964г./ между фундаментами и балками расположены ролики в двух перпендикулярных направлениях. Эта система применяется совместно с демпфером, уменьшающим перемещения. /2/.

В 30-е годы возникла идея сейсмоизоляции зданий путем выполнения их на гибких колоннах, устраиваемых в первом или подвальном этажах. Появление этой идеи согласовывалось с развиваемыми в тот период времени динамическими методами расчета сейсмических сил, согласно которым их значения всегда предполагались меньшими у гибких сооружений (с большими периодами собственных колебаний), чем у жестких. Конструктивно эта идея реализовывалась проще, чем при различных катковых опорах, и не выходила за границы привычных способов строительства зданий. К сожалению, не все особенности этой конструкции и не все возможные типы землетрясений были учтены, что в некоторых случаях привело к тяжелым повреждениям или разрушениям. Во многих случаях период собственных колебаний оказывался намного ниже расчетного, т.е. колонны были недостаточно гибкими и недостаточно прочными для восприятия развивающихся во время землетрясения усилий. Нужно, однако, заметить, что при некотором усовершенствовании и ограничении области применения эта конструкция все же может оказаться полезной для сейсмостойкого строительства.

После землетрясения 1948г. в Ашхабаде было возведено кирпичное здание с системой сейсмоизоляции системы Ф.Д. Зеленкова, где надземные конструкции с помощью тяжей и пружин подвешивались к станам, монолитного железобетонного фундамента. В отличие от

других предложений в здании была предусмотрена такая возможность смягчения вертикальных колебаний. Конструкция подземной части здания оказалась очень сложной и дорогой, а эксперименты не подтвердили предполагаемые периоды колебаний здания, указав на сравнительно большую жесткость конструкции.

Аналогичные конструкции были осуществлены в Мехико. При восьмибальном землетрясении 1957г. многие из них были разрушены. Слабым местом оказались узлы соединений тяжелей с неподвижным фундаментом, находящиеся в сложном напряженном состоянии. На существенные повреждения конструкций видимо оказался низкочастотный характер воздействия и относительно большая длительность.

Исследованию различных катковых опор были проведены К. Мацушита и М.Ицуми в Японии. Такие системы рекомендованы, ими для зданий, имеющих в основании хорошие грунты. Рассматривались конструкции с шарами или катками с более сложной поверхностью, расположенными между двумя криволинейными поверхностями, обеспечивающими возвращение шаров в исходное положение после смещения под действием сейсмических сил для увеличения затухания колебаний полости между шарами и их опорами заполняли мастикой. Испытания этой системы на вибростоле показали на большое снижение ускорений в надфундаментной части по сравнению с ускорениями вибростола при его высокочастотных колебаниях и отсутствие этого эффекта при низкочастотных движениях.

Работы по изучению и использованию сейсмоизолирующих катковых систем выполнены в Севастополе В.В.Назиным. /6,7,8/. В его конструкциях между железобетонными поясами фундамента и стены установлены железобетонные эллипсоиды вращения. Такая система позволяет перемещаться верхней части здания относительно нижней, возвращая её в исходное положение после снятия горизонтального воздействия. Для увеличения затухания в системе предусмотрены участки с трением по песку. Опыты показали, что устройство такой системы не привело к заметному, по сравнению с обычным жестким фундаментом, изменению динамических характеристик. Дополнительные опыты показали, что увеличение собственных периодов колебаний может быть достигнуто при увеличении размеров катков, что и было учтено при проектировании и строительстве восьмизэтажного здания.

В работе Ю.О. Черепинского рассмотрена задача сейсмоизоляции здания с помощью кинематических опор, представляющих собой стойки с выпуклой поверхностью опирания и шарнирно связанные с ростверком.

В г.Навои были построены экспериментальные здания, проведены испытания существенное снижение сейсмической нагрузки при определенном частотном составе воздействия.

Г. А. Зеленским и др. /10,11, / выполнены работы по теоретическому и экспериментальному исследованию систем с кинематическими амортизаторами. При этом были получены соотношения между параметрами кинематических опор, демпфированием и внешним воздействием. Продолжена математическая модель трения, обладающего избирательностью к частотному составу и амплитудному уровню внешнего воздействия. Исследовались основные механические характеристики и закономерности в системах с выключающимся сухим трением однокаскадным при кинематическом и параметрическом возбуждении, разработана методика исследования движения тела с системами виброизоляции.

В лаборатории механики Национального центра научных исследований /Франция/ под рук. Я.Дельфосса / разработана система для защиты зданий от сейсмических воздействий. Система состоит из антисейсмических опор, способных поглощать энергию колебаний сооружений.

Опоры имеют сложную конструкцию, состоящую из попеременно чередующихся стальных листов и прокладок. Такая система использована при строительстве школы в г. Ламбеск св. /Франция/, атомной электростанции в Калифорнии.

В работе Д.М. Ли и И.с. Медланда /США/ приведены результаты теоретического исследования поведения при сейсмическом воздействии многоэтажных каркасных зданий, установленных на виброизоляторах. Виброизоляторы состоят из резинометаллических опор и

демпферов. Сейсмическое воздействие задавалось записями акселерограмм реальных землетрясений, произошедших с 1940 по 1971 г. Изучалось влияние на поведение здания следующих факторов: частоты действия при заданных характеристиках системы изоляции. Отмечается, что сейсмоизоляция может быть запроектирована так, что конструкции здания при сейсмическом воздействии будут работать в упругой стадии.

Р.Блекли, А. Чарльз /Новая Зеландия/ исследовали поведение сейсмоизолированных сооружений при сейсмическом воздействии система состоит из податливых в горизонтальном направлении опор, изолирующих сооружение от движения основания в области наиболее опасных частот, и демпфирующие устройства, гасящие резонансную раскачку и ограничивающие перемещение конструкции в заданных пределах. Использование в качестве воздействия записи реальных акселерограмм показало, что эффективность сейсмоизоляции зависит от спектрального состава сейсмического воздействия и что удачным подбором сейсмоизоляции можно добиться снижения сейсмической нагрузки в несколько раз. Рекомендуется описанные системы применять для конструкций атомных электростанций и др. ответственных сооружений.

В работе описана конструкция здания, расположенного на фундаментах-подушках из специального синтетического материала. Эти фундаменты имеют низкую жесткость в горизонтальном направлении и высокую в вертикальном. Имеются выключающиеся элементы в виде горизонтальных стальных стержней. С применением такой системы сейсмозащиты, по данным д-ра Иконопоу, в Афинах построено 26-этажное здание.

Другим типом системы сейсмоизоляции являются системы, в которых используется материал с низким коэффициентом трения, величина которых в значительной мере определяет снижение инерционных сил на сооружение. Исследования в этом направлении возглавляет ЦНИИСК им. Кучеренко под руководством проф. Полякова С.В. Конструктивное решение такой системы представляет собой ленточный фундамент, состоящий из верхней и нижней частей, разделенных швом, в котором расположены прокладки из фторопласта и стали, обеспечивающие низкий коэффициент трения, и резиновые амортизаторы. Несколько зданий такого типа построены в г. Бишкек.

Специалистами Франции разработана система сейсмозащиты сооружений путем установки его на податливые опоры особой конструкции. Между верхней и нижней плитой основания располагается конструкция фильтра, состоящего из подушки из армированного эластомера и пары фрикционных пластин, способных перемещаться относительно друг друга с заданным коэффициентом трения. Эта система была использована при строительстве атомной электростанции "Ксеверд".

Существует ряд других разработок, направленных на уменьшение инерционных сил, развивающихся в сооружении при землетрясении эффективной, особенно для башенных систем, представляется и идея применения динамических гасителей колебаний, развиваемая в последние годы для сейсмостойких конструкций Б. Т. Корневым и В.С. Поляковым. Анализы показывают на большие возможности упомянутых систем как с точки зрения их экономичности, так и надежности работы

Снижение сейсмической нагрузки на основные несущие конструкции зданий и сооружений может осуществляться и другими способами, например, изменением во время землетрясения их динамической структуры.

Адаптивные системы сейсмической защиты.

Поиск оптимальных конструктивных решений для районов, где сейсмологическая информация отсутствует вообще, или же имеются предположения о том, что возможны землетрясения с существенным отличием по частотному составу, привел к созданию так называемых адаптивных систем сейсмозащиты. К их числу относятся системы, которые в результате перестройки своих динамических параметров во время воздействия могут тем самым приспособиться к землетрясению.

Адаптивные динамические системы сейсмозащиты (АСС) сооружений начали применяться в самые последние годы.

Адаптация используется в системах сейсмозащиты, как и в системах влагозащиты, для улучшения критерия качества или предотвращения его ухудшения. В случае сейсмозащитных систем речь идет по существу о снижении величин параметров сейсмической реакции (смещений, ускорений и т.п.) в сравнении с системами без перестройки структуры, без адаптации.

Необходимо заметить, что обычные здания и сооружения могут в определенных ситуациях проявлять адаптивные свойства. Например, жесткое железобетонное или кирпичное здание при интенсивном сейсмическом воздействии с преобладанием высокочастотных составляющих в спектре, в результате трещинообразования может существенно перестроить свои динамические характеристики. Жесткость и частоты собственных колебаний такого здания могут весьма уменьшиться, и конструкция может самоприспособиться к воздействию.

Исследование адаптивных систем в основном ведется по двум направлениям:

1. Здания и сооружения, в которых в результате землетрясения происходит перестройка динамических характеристик за счет выключения резервных элементов или отдельных элементов несущих конструкций. Изменение жесткости и собственной частоты колебаний в этом случае происходит почти мгновенно носит необратимый характер. Т.е. выключившиеся из работы элементы могут быть восстановлены после землетрясения. Эти системы могут быть отнесены к нестационарным или кусочно-стационарным системам и получили известность под названием системы с выключающимися связями.

2. Другой вид систем, который также может быть отнесен к классу адаптивных, это системы с нелинейной динамической характеристикой. Этим свойством, вообще говоря, обладают все нелинейные системы, поскольку их "мгновенная" частота зависит от амплитуды колебаний, которая в свою очередь зависит от уровня и частотного состава внешнего воздействия.

Нестационарные адаптивные системы перестраивают свои динамические характеристики за счет выключения из работы сооружения в целом некоторых его элементов. Ими могут быть специальные резервные элементы или же отдельные элементы несущих конструкций: перегородки, перемычки и т.д. Кроме того, может быть предусмотрено появление шарниров в определенных местах конструкции при определенной интенсивности сейсмической нагрузки. Устройство выключающихся связей не требует специальных затрат и создания принципиально новых элементов.

Подробное изложение работы нестационарных адаптивных систем сейсмозащиты приводится в монографии Я.М. Айзенберга. Результаты теоретических и экспериментальных исследований доказывают, что применение систем с выключающимися связями рационально в сейсмических районах, где возможны землетрясения с существенным различием в доминантных частотах, и где информация о возможном спектральном составе землетрясения не полна.

Для анализа нестационарных при случайных воздействиях применяются уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова, численные методы решения дифференциальных уравнений с реализацией на ЭВМ, моделирование таких систем на аналоговых машинах. Подчеркивается, что лишь в некоторых случаях удается получить аналитическое решение в замкнутом виде. А для решения оптимизационных задач считается рациональным применение аналоговых машин.

Проведенные экспериментальные исследования доказывают физическую реализуемость почти мгновенного изменения динамических характеристик при выключении связей и преимущества систем выключающимися связями по сравнению с обычными жесткими и гибкими конструкциями.

Дальнейшее развитие исследований нестационарных систем получила в ряде работ. Анализ высоких зданий, снабженных выключающимися связями, проведен в Анализ надежности таких систем с одной и каскадом выключающихся связей.

В работе указывается, что системы с мгновенным изменением жесткостей могут быть существенно чувствительными к частотному составу воздействия различной интенсивности. Это может быть существенным недостатком с выключающимися связями. После выключения резервных элементов, такая система находится в тех же условиях, что и обычная гибкая система и при наличии низкочастотных составляющих большой интенсивности может быть разрушена.

Исследования нелинейных систем в свете поиска эффективных амортизаторов проводились многими авторами.

В исследовалась задача колебаний с нелинейной упругой характеристикой, решение которой для некоторых начальных условий может быть принято как точное. А.М. Лурье и А.И. Чекмарев рассматривали лишь периодические движения системы, имеющие частоту, равную частоте действующей периодической без сдвига по фазе. В своей работе авторы применили метод приближенного решения задач-метод Галеркина. Метод эквивалентной линеаризации использовался в решении задачи о вынужденных колебаниях систем с ломаными характеристиками Ю.И. Иорим. Внешнее воздействие было принято им по закону $E_0 = w^2 \sin wt$ задача решалась при условии постоянства амплитуды колебаний основания $E_0 = c \text{ const}$. Вынужденные колебания в нелинейных амортизаторах при наличии силы сопротивления, пропорционально скорости относительного перемещения рассматривалась Коловским М.З. Им исследовалась возможность уменьшения интенсивности колебаний в зоне резонанса путем применения амортизаторов с нелинейной упругой характеристикой.

Рассматривая системы с симметричной нелинейной динамической характеристикой М.З. Коловский использовал метод статической линеаризации. В качестве внешнего воздействия принят узкополосный стационарный процесс. Анализ полученных результатов показывает, что при достаточно большом зазоре даже сравнительно жесткие упоры практически не влияют на вероятностные характеристики вынужденных колебаний амортизированного объекта. Увеличение зазора приводит к уменьшению динамического коэффициента, а среднее квадратическое значение деформации при этом возрастает.

В рассматриваются методы асимптотических разложений по степени малого параметра применительно решению задач нелинейной механики. Дан анализ применения приближенных методов исследования нелинейных систем и подчеркивается, что хотя большинство таких методов не совсем корректным математически, они, тем не менее, позволяют оценивать влияние параметров системы на ее реакцию при различных видах внешнего воздействия.

Некоторые виды строительных конструкций также могут быть описаны жесткой билинейной динамической характеристикой. К ним можно отнести системы с выключающимися связями, исследование в работе С.В. Полякова. Конструктивное решение их представлено как гибкий каркас с заполнением, которое с помощью специальных упругих прокладок мягко включается в работу каркаса при амплитудах колебаний, превышающих величину зазора. Системы рассчитаны таким образом, что это включение происходит при низкочастотном интенсивном воздействии. Экспериментальное исследование таких систем с гасителями и без гасителей колебаний показывает их преимущество по сравнению с обычными жесткими и гибкими. Анализ сейсмической реакции на АВМ при землетрясениях Бухарест и Газли показал, что в системе с выключающимися связями максимальное относительное смещение может быть в 2 раза меньше, чем у линейной системы (гибкой), но при этом может произойти увеличение максимального ускорения в 1,72 раза. Нагрузка, пропорциональная этому ускорению считается распределенной между основной системой к выключающимися связями. Системы с выключающимися связями могут быть более эффективными при использовании динамических гасителей колебаний.

Результаты анализа сейсмической реакции нелинейного осциллятора с билинейной жесткой характеристикой с одной к двумя степенями свободы. Такие системы

рассматривались Г. Йе и Дж. Яо как математические модели рам с провисающими диагональными растяжками. Исследование проводилось численным методом на ЭВМ. В качестве внешнего воздействия были использованы стационарные синусоиды и акселерограммы двух сильных землетрясений (Эль-Центро и Тафт). Показано, что величина сейсмического перемещения зависит от изменения положения точки перелома билинейной характеристики. Максимальные смещения с одной и двумя степенями свободы систем с билинейной характеристикой значительно меньше, чем линейных систем с квазиупругими коэффициентами, соответствующие первому и второму участкам. Исследование показало, что использование систем с жесткой билинейной характеристикой позволяет значительно снизить сейсмическую реакцию систем (перемещение). Варьируя параметрами системы, можно решать задачу оптимизации систем с упорами.

Коваль Ю.А. рассматривая работу каркаса с заполнением в виде железобетонных диафрагм, приводит анализ колебаний системы с одной степенью свободы, диаграмма деформирования которой может быть представлена кусочно-линейной характеристикой. Этот тип конструкций требует технологических отступлений от существующих решений - рама с заполнением, которое выполняет роль ограничителей перекосов и вступает в работу не с начала колебаний, а при определенном уровне амплитуд. При этом сохраняется малая начальная горизонтальная жесткость сооружения, что существенно снижает инерционные сейсмические силы во вступительной фазе землетрясения, характерной высокочастотными колебаниями основания. Ограничители перекосов могут быть рекомендованы в качестве аварийного резерва сопротивляемости для жестких сооружений с гибкой нижней частью, повышенная деформативность которых вызывает вполне обоснованные опасения многих исследователей. При этом сооружение не теряет своего основного достоинства-малую начальную жесткость, установка ограничителей не связана с серьезными материальными и техническими затруднениями, они могут найти применение для усиления существующих и ремонта поврежденных при землетрясениях зданий такого типа.

Во многих случаях может быть рационально применение комбинированных систем сейсмической защиты, т.е. сочетание нестационарных и нелинейных систем. При этом может быть достигнуто существенное снижение сейсмической нагрузки и перемещений при любом частотном составе внешнего воздействия расчетной интенсивности.

На территории Государственного института сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования разработан и построен в советское время в 1980-х годах макет на шаровых опорах с упорами ограничителей перемещений (рис.1). Использование шаровых опор позволяет увеличить периоды собственных колебаний здания после выключения связей до 2,5 с, что практически исключает вероятность попадания в резонанс с сейсмическим воздействием. Для предотвращения чрезмерно больших случайных перемещений предусмотрены упоры-ограничители, которые в определенных условиях могут изменить динамические параметры здания в целом. До развала Союза проводились ряд испытаний, на которых может быть написаны другие научные статьи.



Рис.1. Общий вид платформы на шаровых опорах

Заключение:

Необходимо провести повторное исследование вышеуказанной платформы после 40 лет с выключающимися связями и упорами-ограничителями на основе теоретических и экспериментальных исследований.

В работе требуется проводить исследование системы сейсмозащиты с теоретическими и расчетными предпосылками, реализуемость проектной перестройки динамической структуры. Важным в теоретическом плане является расчетная модель наиболее полно учитывающей особенности системы и ее работу при интенсивных динамических воздействиях. При этом необходимо учесть эффект закручивания в плане при возможном неодновременном включении связей.

Анализ сейсмической реакции здания нелинейной характеристикой предполагает исследовать и уточнить расчетные нагрузки на здание и отдельные конструктивные элементы сейсмозащиты в предложении о возможном разнообразии частотных характеристик сейсмического воздействия.

Решение многих вопросов, связанных с поведением зданий с рассматриваемой системой сейсмической защиты, может быть сравнено со старыми исследованиями и найдено в результате проведения повторных динамических испытаний зданий и их фрагментов.

Список использованных источников

- [1]. Поляков С.В. *Последствия сильных землетрясений*. М., Стройиздат, 1978.
- [2]. Newmark N.M., Rosenblueth E. *Fundamentals of Earthquake Engineering*, 1977.
- [3]. Зеленков Ф.Д. *Предохранение зданий и сооружений от разрушения с помощью сейсмоамортизатора*. М., "Наука", 1979, 52 с.
- [4]. Rosenblueth E. *Earthquake of 28th July, 1957 in Mexico City. 2-nd WCEE Tokyo 1960*.
- [5]. *Современное состояние теории сейсмостойкости. Сейсмостойкие сооружения*. М., Стройиздат, 1973, 280 с.
- [6]. Назин В.В. *Гравитационная система сейсмоизоляции*. М., ЦБНТИ, 1974.
- [7]. Назин В.В. *Экспериментальные здания в Севастополе на гравитационных сейсмоизоляции с выключающимся сухим трением*. - "Тезисы докл. респ.конф. "Сейсмостойкое строительство в Узб.ССР". Ташкент, "Фан", 1974, с.27-30.
- [8]. Назин В.В. *Исследование гравитационной системы сейсмоизоляции зданий с использованием эллипсоидов вращения*. В сб.: "Сейсмостойкое строительство". М.: ЦИНИС, 1974, вып.1, с.38-41.
- [9]. Черепинский Ю.Д. *К сейсмостойкости зданий на кинематических опорах*. - *Основания, фундаменты и механика грунтов*, №3, 1973.
- [10]. Зеленский Г.А. и др. *Фундаменты зданий с сейсмоизолирующими устройствами*. - В сб. "Сейсмическое строительство", вып 8, сер.XIV, М., ЦИНИС, 1976.
- [11]. Зеленский Г.А., Шевляков Ю.А. *Сейсмоизоляция здания*. "Основания, фундаменты и механика грунтов" 1976, вып.4, с.19-21.
- [12]. Зеленский Г.А., Шевляков Ю.А. *"Динамические характеристики здания на кинематическом фундаменте"*. - В сб.: "Сейсмостойкое строительство", вып. 8. сер. XVI, М., ЦИНИС, 1976.
- [13]. Ормонбеков Т., Максимов Г., Бегалиев У. *"Слоистые эластомерные композитные конструкции"* Издательский центр "МОК", 2004. - 144 с.
- [14]. Ормонбеков Т, Максимов Г., Бегалиев У., Дерев А.В., Поздняков С.Г. *"Применение тонкослойных резинометаллических опор для сейсмозащиты зданий в условиях территории кыргызской республики"* – Б,: Учкун, 2005. - 215 с.

- [15]. *Haiti earthquake of 12th January 2010. A field report by EEFIT (editor and co-author). EEFIT, Institution of Structural Engineers, London, 2011.*
- [16]. *The Erzincan Turkey Earthquake of 13 March 1992: A field report by EEFIT (contributor). EEFIT, Institution of Structural Engineers, London 1993.*
- [17]. *The Luzon Philippines earthquake of 19 July 1990: A field report by EEFIT (editor and co-author). EEFIT, Institution of Structural Engineers, London, 1991.*
- [18]. *The Mexican earthquake of 19 September 1985: A field report by EEFIT (editor and co-author). SECED, Institution of Civil Engineers, London, 1986.*
- [19]. *The Chilean earthquake of 3 March 1985: A field report by EEFIT (editor and co-author). SECED, Institution of Civil Engineers, London, 1988.*
- [20]. *The Liège, Belgium earthquake of 1983: A field report by EEFIT. Ove Arup & Partners, 1983.*
- [21]. *Азенберг Я.М. Сооружения с включаемыми связями для сейсмических районов. М., Стройиздат, 1976, 232 с.*
- [22]. *Лурье А.И., Чекмарев А.И. Вынужденные колебания в линейной системе с характеристикой составленной из 2-х прямолинейных отрезков «Прикладная математика и механика». ОТИ АН СССР, №3 1937.*
- [23]. *Иорим Ю.И. О вынужденных колебаниях в системах с ломанными силовыми характеристиками. Институт механики АН СССР. Инженерный сборник. т. III. вып.2, 1947.*
- [24]. *Коловский М.З. Нелинейная теория виброзащитных систем. М. «Наука», 1966.*
- [25]. *Поляков В.С. Колебания систем с выключающимися связями и динамическим гасителем колебаний при сильных землетрясениях. –В сб. «Сейсмостойкое строительство», вып.2, сер.XIV, М., ЦИНИС, 1978.*
- [26]. *Поляков В.С., Черкашин А.В. Экспериментальное исследование моделей с изменяющимися жесткостями. –В сб.: «Сейсмостойкое строительство», вып.9, сер. XIV, М., ЦИНИС, 1976.*
- [27]. *Yeh H.Y. Yao C. Response of be linear structural systems of Earthquake loads.- ASME Preprints 69- vibr. 20.1969. p.8.*
- [28]. *Коваль Ю.А. Колебания систем с выключающимися связями и динамическим гасителем колебаний при сильных землетрясениях. – В сб. «Сейсмостойкое строительство», вып.2, сер. XIV, М., ЦИНИС, 1978.*