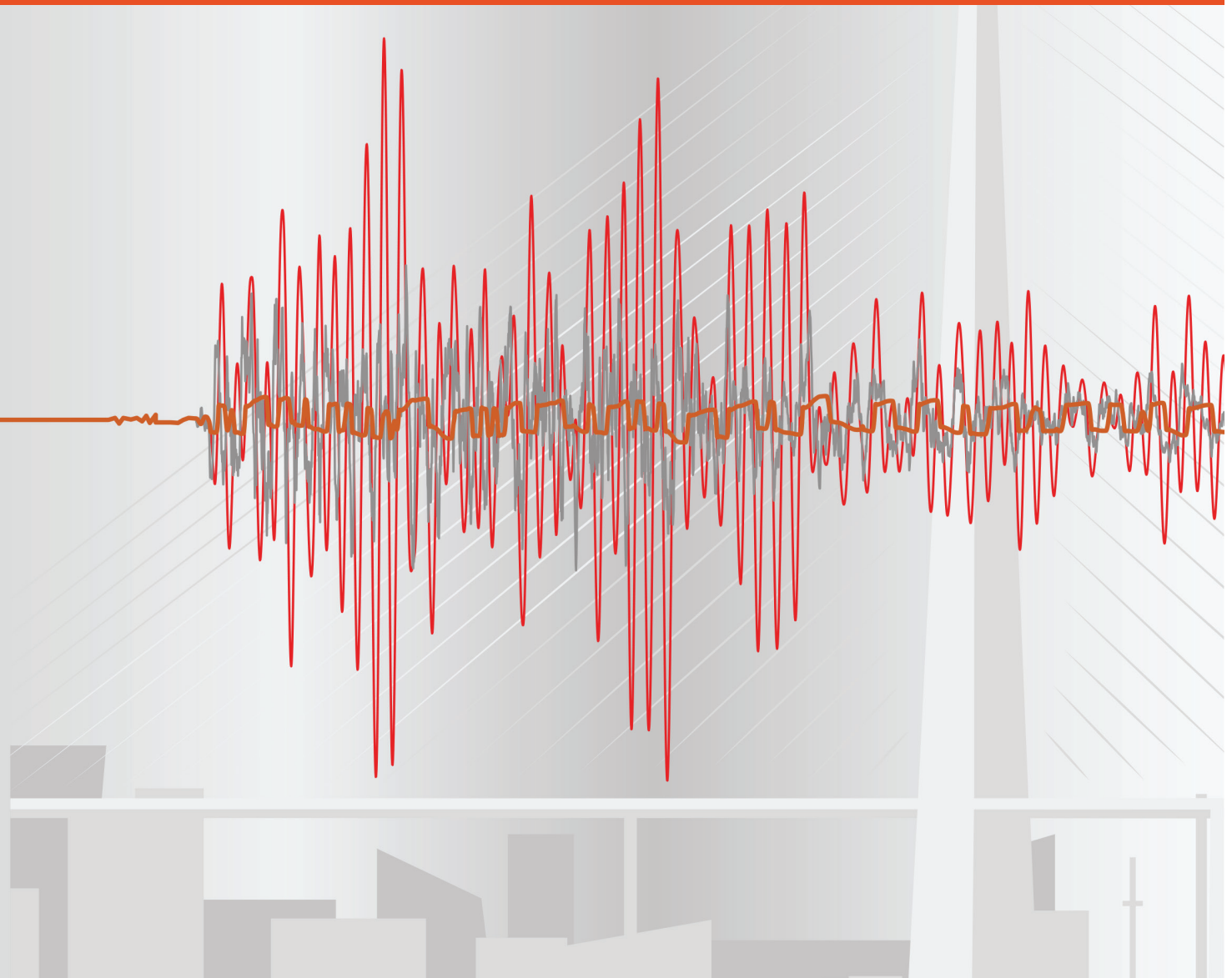


Системы сейсмической защиты MAURER

Настолько же уникальны, насколько уникальны
конструкции, которые они защищают



> Системы сейсмической защиты MAURER

Содержание

Введение	03
Анализ конструкций	05
Основные концепции сейсмозащиты	06
Усиление	08
Изоляция и демпфирование	10
Сейсмостойкие деформационные швы	20
Качество, испытания и мониторинг	24
Проектно-специфические испытания	26
Примеры проектов	27
MAURER в Казахстане	30



Системы сейсмической защиты MAURER – так же уникальны, как и конструкции, которые они защищают

> «Землетрясения – это природные катастрофы, особенность которых в том, что большая часть человеческих и экономических потерь вызвана не самими механизмами землетрясения, а отказами искусственных сооружений, таких как здания, мосты и т. д., которые, предположительно, были спроектированы и построены для комфорта людей.» (Бертеро)

Вышеприведенное наблюдение внушает оптимизм и воодушевляет, поскольку говорит нам, что в долгосрочной перспективе проблемы сейсмической безопасности в принципе разрешимы. Решение этих проблем возлагается на сейсмическую инженерию. Достижения в этой области уже сыграли значительную роль в снижении сейсмических рисков благодаря постоянному развитию строительной области, что в конечном итоге позволило проектировать и строить сейсмостойкие сооружения.

Прогресс в основном стал результатом разработки новых стратегий проектирования, таких как сейсмоизоляция, которые не могли бы быть реализованы без параллельного развития систем сейсмозащиты и соответствующей «сейсмозащитной строительной продукции» необходимого для их внедрения. Таким образом, несколько исследовательских лабораторий и промышленных предприятий изобрели и усовершенствовали ряд устройств, использующих хорошо известные физические явления, адаптированные для защиты конструкций.

MAURER выделяется в этой конкурентной среде: в середине 1990-х годов компания решила инвестировать в финансовые средства в человеческие ресурсы, что привело к ее нынешнему положению мирового лидера.



Музей Акрополя, Афины
Скользящий изолятор маятникового типа (SIP®)

> Цель данного буклета:

А) Показать, как MAURER решал проблемы, связанные с практическим применением новых стратегий проектирования.

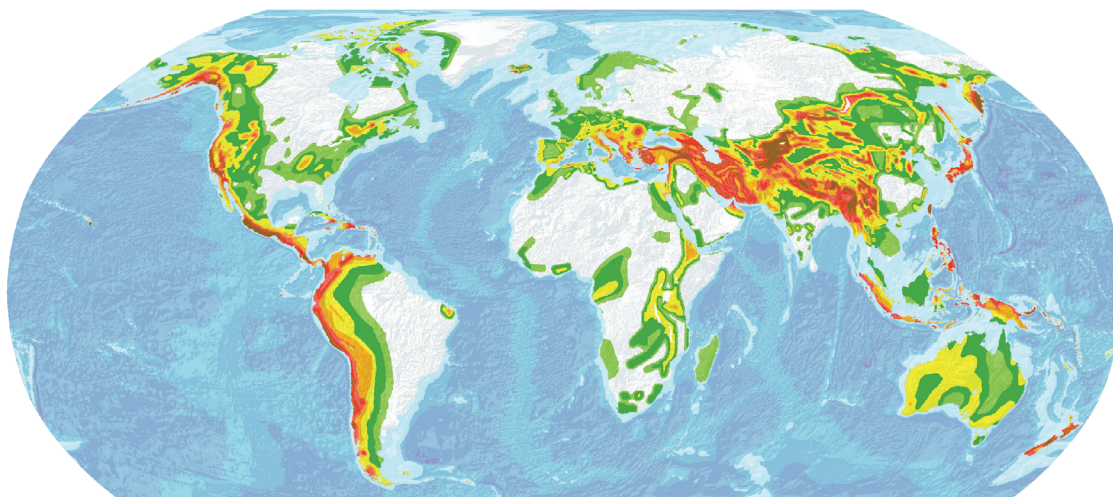
В) Представить устройства, которые были разработаны и усовершенствованы для достижения этой цели

> Философия MAURER:

Разрабатывать продукцию индивидуально для каждого случая, то есть по принципу «на заказ», что обеспечивает очевидные преимущества для клиента.

– оптимальная защита

– оптимальная общая стоимость сооружения



Карта мира с наиболее значимыми зонами землетрясений (©Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP))

MAURER – это больше, чем просто поставщик сейсмозащитной продукции



Компания MAURER накопила обширный опыт в разработке и применении современных технологий сейсмической защиты для широкого спектра сооружений, чтобы минимизировать ущерб от землетрясений. Эксперты MAURER предлагают проектировщикам и архитекторам помощь в определении систем защиты и выборе наиболее подходящей продукции для каждого случая, учитывая не только сейсмичность местности, но также конструктивные особенности, функциональные и архитектурные требования.

Сотрудничество со специалистами в области аэродинамики, лабораториями моделирования или испытаний позволяет достичь экономически оптимальных результатов.

Культурный центр Онассиса, Афины
Скользящие изоляторы SIP® маятникового типа, установленные в подвальном помещении здания

Эффективность и надежность предложенной системы сейсмозащиты здания подтверждены нелинейным динамическим анализом расчетной модели здания.

> Оптимальная защита благодаря широкому ассортименту сейсмозащитной продукции

MAURER предлагает самый широкий в мире ассортимент сейсмозащитной продукции, чтобы проектировщики могли выбрать оптимальное решение для сейсмозащиты сооружения. Наши специалисты могут предоставить техническую помощь и предварительные расчеты стоимости различных вариантов сейсмической защиты, с учетом технических норм и требований заказчика.



Сейсмический анализ – инструмент для оптимизации системы сейсмической защиты

Линейный или спектральный метод анализа является наиболее распространенным подходом к проектированию для прогнозирования реакции несущих конструкций на сейсмические воздействия, выраженные в форме сил и перемещений, и проектирования системы сейсмозащиты сооружения. В этом случае сейсмическое воздействие определяется «упругим спектром реакции». Этот метод может использоваться, если выполняется ряд условий, наиболее важным из которых является то, что эффективный коэффициент демпфирования не должен превышать 30%.

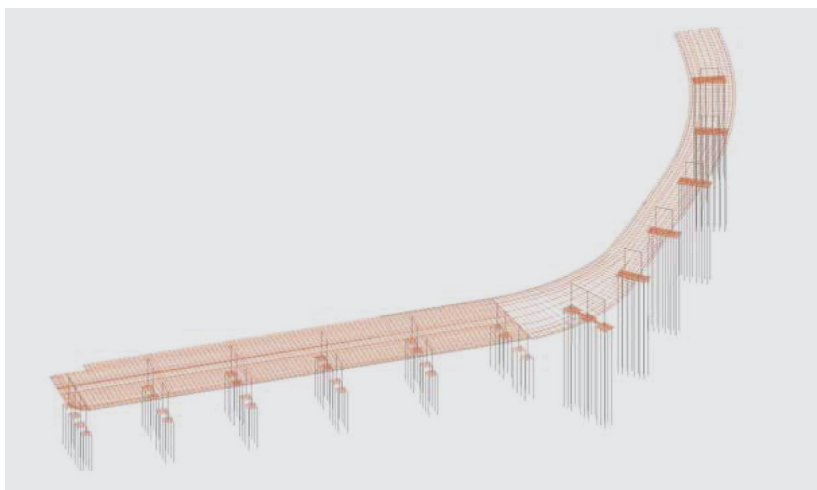
Более точным методом является нелинейный анализ временной истории, при котором учитываются все соответствующие нелинейности конструкции и системы сейсмической защиты. В этом случае сейсмическое воздействие определяется набором (не менее 7, а лучше 20) графиков изменения ускорения грунта во времени, обычно называемых акселерограммами. Для проведения нелинейного динамического анализа временной истории требуются следующие данные:

> Данные о конструкции сооружения

Чертежи несущих конструкций, поперечные сечения моста или здания, момент инерции, константа кручения, жесткость на сдвиг, материалы (модуль упругости, модуль сдвига, плотность и т. д.), фундамент (размеры, модуль Винклера и т. д.).

> Данные о землетрясении

Спектр реакции, применимые или специфичные для местности акселерограммы, нагрузки в сейсмических условиях, допустимые моменты изгиба, сдвиговые и осевые силы, перемещения и любые дополнительные специфические требования проектировщика.



Аксонометрический вид железнодорожного моста, математическая модель 3D

> Преимущества нелинейного структурного анализа MAURER

- Оптимизация системы сейсмической защиты с точки зрения эффективности и экономичности.
- Оценка значительной экономии затрат на конструкцию за счет меньшего армирования, экономии стали и бетона.
- Точное прогнозирование сдвиговых сил, действующих на изоляторы и всю конструкцию.
- Точное определение перемещений сооружения и эффектов кручения.
- Точная оценка фактических запасов прочности в сооружении и сейсмозащитных устройствах.
- Подтверждение анализа проектировщика с помощью динамического анализа MAURER.
- Точная оценка способности системы сейсмоизоляции к возвращению сооружения в исходное положение.

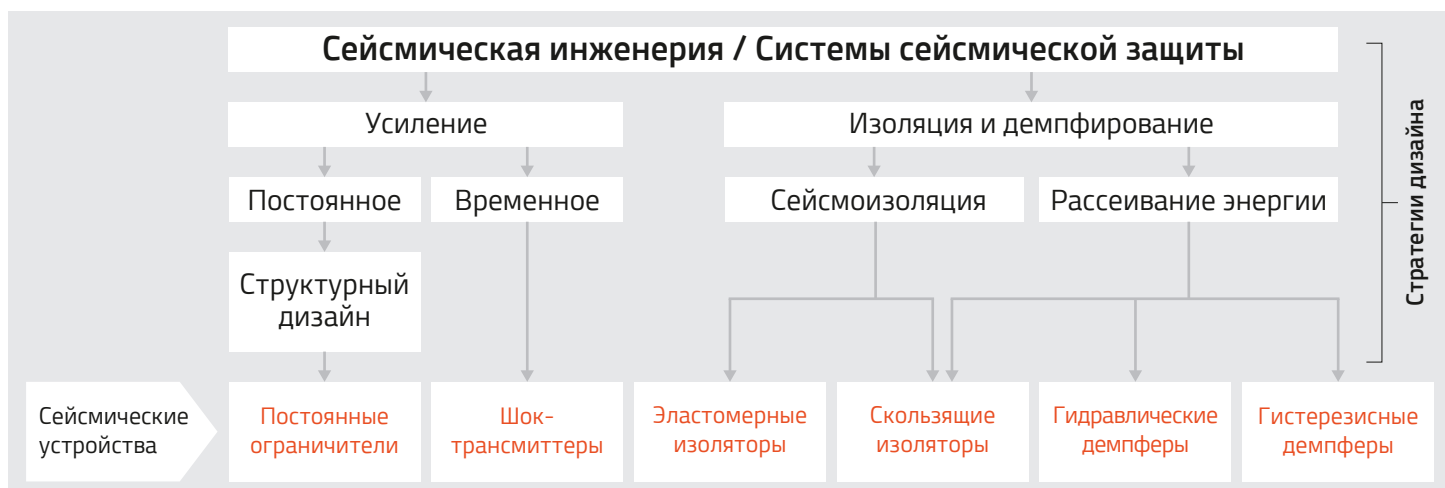
Защита сооружений на основе двух основных концепций сейсмической защиты

После определения требуемой защиты конструкции сейсмический инженер оценивает наиболее подходящую стратегию сейсмической защиты, учитывая характеристики конструкции, данные о движении грунта, специфичные для местности, и соблюдая европейские стандарты или другие сейсмические нормы. Сегодня инженеры могут полагаться на множество технических решений, основанных на различных хорошо зарекомендовавших себя методах укрепления и антисейсмических устройствах:

> **1.** Обеспечение несущих элементов сооружения прочностью и пластичностью, достаточными для уменьшения перемещений за счет их жесткости и рассеивания энергии через пластическую деформацию; эти решения называются «усилением» или «традиционным методом проектирования».

> **2.** Защита конструкции от повреждений, вызванных землетрясением, путем ограничения сейсмических эффектов с использованием устройств, правильно встроенных в конструкцию; эти устройства называются «антисейсмическими устройствами».

> Блок-схема ниже показывает две основные концепции защиты конструкции от сейсмических повреждений и связанные с ними типы антисейсмических устройств.



> Усиление

Инженер-проектировщик, выбравший использование традиционных методов - в основном укрепление конструкции - имеет два подхода на выбор:

> **1.** Учесть при расчете несущих конструкций расчетные (включая сейсмические) нагрузки, предусмотреть при необходимости постоянные упоры для ограничения перемещений и обеспечить конструктивные элементы сооружения достаточными прочностью и пластичностью

> **2.** Установить в соответствующих местах конструкции временные ограничительные устройства, которые без сопротивления допускают медленные температурные перемещения и блокируют перемещения при динамических сейсмических событиях

Преимущества гиперстатических систем в сооружениях, и в частности в мостах, хорошо известно. Это связано с тем, что в гиперстатических системах все конструктивные элементы жестко связаны между собой и в критический момент вынуждены работать вместе. Однако, особенно в случае мостов, с использованием неразрезных пролетных строений и сборных балок и с учетом возможных неравномерных осадок фундаментов опор, как правило, выбирают изостатические расчетные схемы. Преимущества обоих подходов могут быть сохранены за счет применения гидравлических демпферов.

> Изоляция и демпфирование

В блок-схеме альтернативой усилению является изоляция и демпфирование сооружения, что является наиболее эффективным методом защиты конструкций от опасного воздействия землетрясений. Это может быть достигнуто через:

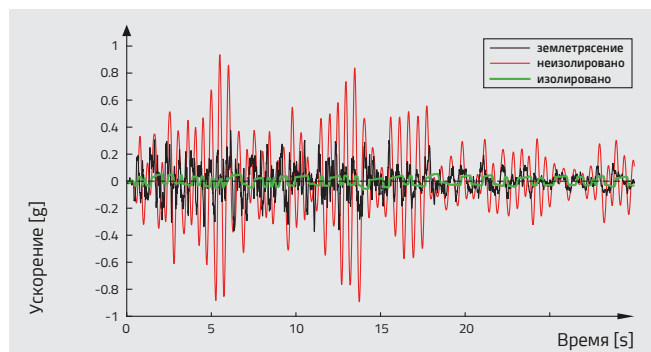
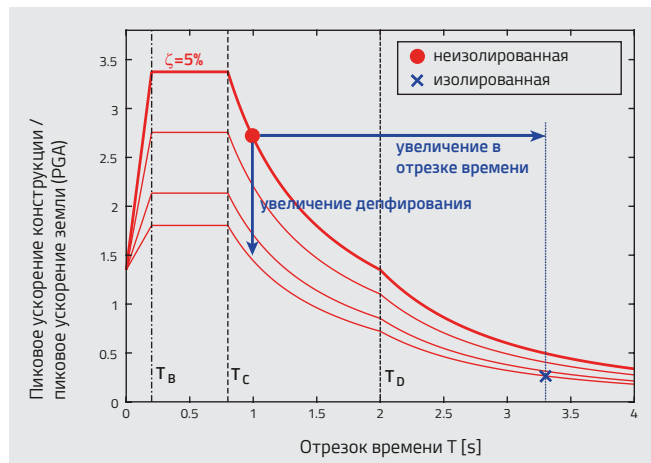
- > сейсмическую изоляцию
- > рассеивание энергии, или, что лучше
- > комбинацию обоих подходов

Сейсмическая изоляция - наиболее часто используемый подход для значительного снижения реакции конструкции на сейсмическое возбуждение. Надежная система изоляции должна обеспечивать следующие четыре основные функции:

- > передача вертикальной нагрузки
- > гибкость в поперечном направлении (изоляция => удлинение периода)
- > рассеивание энергии (демпфирование)
- > способность к самоцентрированию

Кроме того, система сейсмоизоляции должна обеспечивать минимальную базовую сдвиговую силу как блокирующую силу против несейсмических воздействий, например, ветровых нагрузок. Некоторые типы изоляторов изначально обладают этой функцией; для других необходимо использовать так называемые «предохранительные ограничители». MAURER разработала несколько типов механических и гидравлических предохранительных ограничителей.

Если применение сейсмической изоляции невозможно, и конструкция обладает достаточной гибкостью, т.е. во время землетрясения происходят значительные относительные смещения из-за упругой деформации ее элементов, то для достижения сейсмической защиты имеется возможность эффективно повысить внутреннее рассеивание энергии (демпфирование) в сооружении. Это достигается за счет применения гистерезисных демпферов или гидравлических демпферов, которые устанавливаются в конструкции в соответствующих определенных расчетом местах.



Сравнение ускорений неизолированных и изолированных конструкций

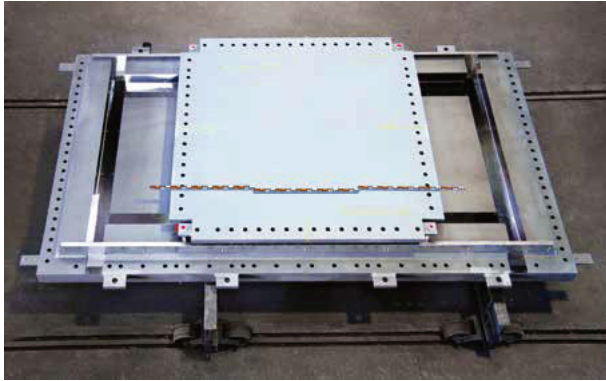


©KSP Jürgen Engel Architekten, Krebs & Kiefer International



Мечеть Джамма Эль-Джазаир, Алжир: базовая изоляция с помощью скользящих изоляторов (SIP[®]-A) в сочетании с адаптивными гидравлическими демпферами (MHD)

Системы фиксирующих устройств MAURER



Мост «Русский остров»

> Постоянные ограничители перемещений (НК, НКЕ)

Хотя постоянные ограничители перемещений входят в семейство наиболее простых сейсмических устройств, они включают большое разнообразие устройств. Поэтому их стандартизация проблематична, и MAURER приняла стратегию «индивидуального конструирования» в соответствии со спецификациями, предоставляемыми проектировщиками. Эти ограничители могут быть разработаны для фиксации конструкции в горизонтальной плоскости в направлении осей X и Y и фиксируют ее до достижения определенной расчетной нагрузки (устройство НКК) или допускают перемещение конструкции только в одном направлении (однонаправленное устройство НКЕ). В предыдущих проектах использовались ограничители, рассчитанные на нагрузки более 25 МН.

> Временные фиксирующие устройства, шок-трансммиттеры (MSTU, MSTL)

Шок-трансммиттеры – это устройства, которые при низких скоростях (<0,1 мм/с) без значительного сопротивления (1–4% от F_{res}), допускают перемещения конструкции, но при более высоких скоростях создают большие силы сопротивления и блокируют ее перемещение, фиксируя конструкцию на месте без значимых смещений (0,5–3% от хода поршня в STU в направлении действия нагрузки).



Шок-трансммиттеры MAURER (MSTU) минимизируют сопротивление температурным перемещениям и деформациям и предназначены для восприятия нагрузок, вызванных землетрясениями и другими динамическими воздействиями, благодаря особенностям конструкции, использованию специальных высокоэффективных материалов и собственных технологий производства.

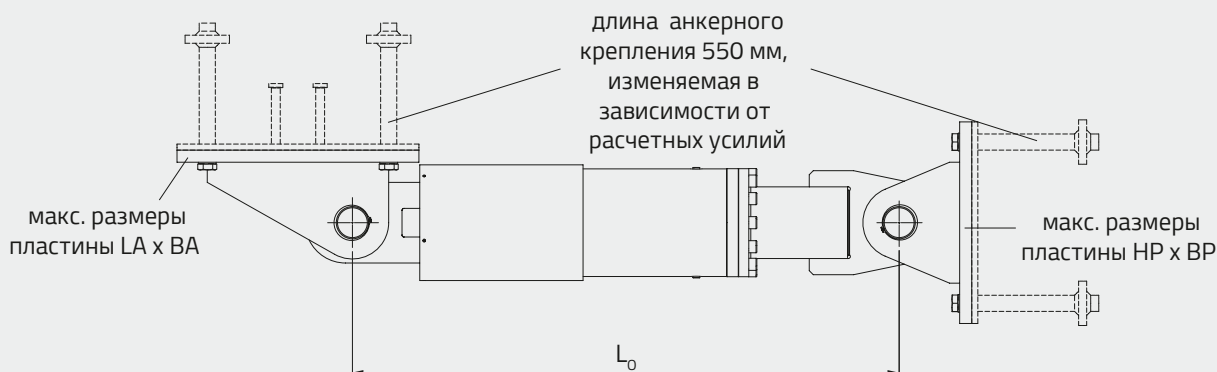
Скорость активирования MSTU, или скорость блокировки v_0 , настраивается в соответствии с заданным проектировщиком значением, которое обычно находится в диапазоне от 0,1 до 1,5 мм/с, но может достигать 5 мм/с для очень крупных конструкций.

При разработке конструкции шок-трансммиттеров и определении расчетного усилия F европейские нормы EN15129 в случае отсутствия встроенной защиты от перегрузки, т.н. «ограничителя усилия» предусматривают необходимость использования коэффициента надежности, равного 1,5. Если в конструкцию встроен

ограничитель усилия MSTL, то коэффициент надежности может быть уменьшен до 1,1.

Таким образом, использование MSTL на 27% снижает усилия, действующие на конструктивные элементы. Это повышает общую безопасность устройств и конструкции, поскольку гарантируется, что все устройства в последовательном и параллельном расположении равномерно и одновременно нагружаются при внезапных эксплуатационных или сейсмических воздействиях. В результате применение MSTL, вследствие снижения расчетных усилий, позволяет снизить затраты как на конструкционные элементы сооружения, так и стоимость самих шок-трансммиттеров, поскольку MSTL более компактны.

> Шок-трансммитеры (MSTL/MSTU)



> Ориентировочные размеры даны для:

- 100,000 циклов с нормативной нагрузкой (SLS), равной $0,7 \times F$ от расчетной нагрузки (ULS)
- Экспоненты демпфирования $\alpha=0,04$ для MSTL
- Регулируемой скорости активации $v_0 = 0.1-5$ мм/с

MSTU*						
F_{max}	$\pm d_{max}$	L_0	LA	BA	HP	BP
[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
750	200	1945	350	335	305	270
1500	200	2075	550	400	400	300
2250	200	2195	635	440	430	400
3750	200	2300	810	460	465	460
3750	200	2525	920	570	515	510
4500	200	2600	1120	585	545	830

MSTL*						
F_{max}	$\pm d_{max}$	L_0	LA	BA	HP	BP
[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
550	200	1945	350	335	305	270
1100	200	2075	550	400	400	300
1650	200	2165	625	410	410	400
2200	200	2195	635	440	430	400
2750	200	2300	810	460	465	460
3300	200	2525	920	570	515	510
4400	200	2600	1120	585	545	830
8800	200	3300	1530	940	980	840

F_{max} = Расчетное усилие, предоставленное инженером-проектировщиком, включая коэффициент надежности $\gamma_x = 1.5$ для MSTU и $\gamma_x = 1.1$ для MSTL (см. EN 15129)

d_{max} = Максимальное сейсмическое перемещение

l_0 = функция требуемой d_{max}

* Возможна адаптация к любому конкретному проекту возможна

> Преимущества шок-трансммитеров MAURER (MSTU/MSTL)

- Функция ограничения силы F благодаря перераспределению усилий. Применение MSTL позволяет достичь снижения общей стоимости конструкции в диапазоне 1–5%.
- Высокая жесткость с мгновенной блокировкой конструкции при максимальном относительном движении STU 1–3 мм (зависит от величины полного хода).
- Применимы в экстремальных климатических зонах.
- Проверено стандартами на месте использования, например, EN15129, AASHTO, ASCE.
- Абсолютно не требующее технического обслуживания устройство.
- Надежность и безопасность на протяжении всего срока службы.
- Отсутствие износа и низкое сопротивление статическому трению в тройной системе уплотнителей в направляющих, обеспечивающей срок службы не менее 50 лет без протечек.
- Могут поставляться с маркировкой CE .
- Диапазон рабочих температур от -50°C до $+80^\circ\text{C}$.

Сейсмическая изоляция

> Эластомерные изоляторы



Мост Ниссиби,
Турция -
MAURER (MLRB)

Эластомерные (резинометаллические) сейсмоизоляторы MAURER во время землетрясения изолируют расположенные под ними сооружения от воздействия вышерасположенных конструкций, тем самым снижая сейсмическое воздействие на несущие элементы сооружения. Эластомерные изоляторы – это хорошо зарекомендовавшие себя опорные части, которые разъединяют конструкцию за счет деформации сдвига и позволяют поглощать сейсмическую энергию за счет энергии деформации молекул эластомера и/или свинцового сердечника. Изоляторы передают вертикальные нагрузки от конструкции на фундамент, одновременно допуская упругие повороты и обеспечивая самоцентрирование.

> Виды эластомерных изоляторов:

1. Эластомерные изоляторы с низким демпфированием

MLDRB = Low Damping Rubber Bearing

Эти изделия состоят из нескольких слоев резины, между которыми располагаются вулканизированные стальные листы. Изоляция достигается за счет деформации сдвига резиновых слоев. Рассеивание энергии, при этом, часто является недостаточным, поэтому для увеличения демпфирования сооружения и уменьшения его перемещения приходится использовать дополнительные демпферы.



Пример прямоугольного изолятора

2. Эластомерные изоляторы с высоким демпфированием

MHDRB = High Damping Rubber Bearing

Благодаря особенностям молекулярной структуры резины с высоким демпфированием (HDR) данные изоляторы обеспечивают более высокую диссипацию энергии, чем у LDRB. Это позволяет достичь более эффективные коэффициенты демпфирования в диапазоне от 6% до 10%, что приводит к формированию более широкой гистерезисной петли. Поскольку диссипация энергии все еще ограничена, HDRB часто используются в сочетании с дополнительными демпферами для уменьшения перемещений сооружения при сильных землетрясениях.



Тестирование двух соединенных образцов

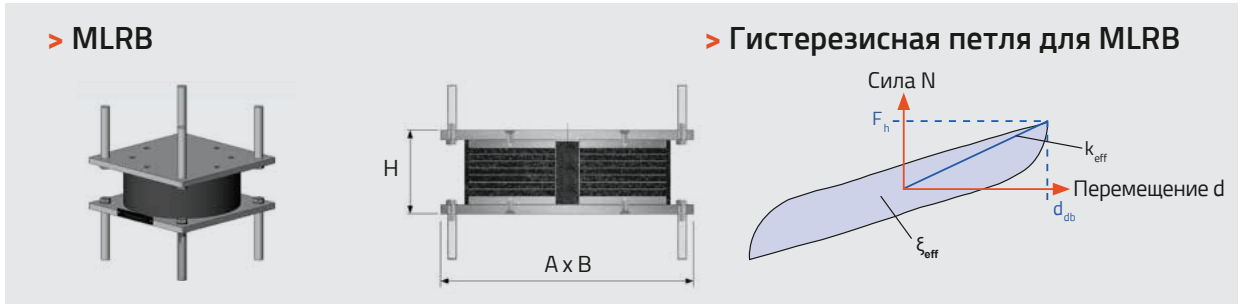
3. Эластомерные изоляторы со свинцовым сердечником

MLRB = Lead Rubber Bearing

Для увеличения эффективного коэффициента демпфирования до 35% в эластомерные изоляторы вертикально устанавливают один или несколько свинцовых сердечников. При горизонтальной деформации свинцовый сердечник обеспечивает значительно большее гистерезисное демпфирование по сравнению с MLDRB и MHDRB. В результате образуется более широкая гистерезисная петля, что делает LRB наиболее часто используемыми эластомерными изоляторами.



Пример круглого изолятора со свинцовым сердечником



> Типовые параметры:

1. Модуль сдвига: 0.4 - 1.35 N/мм²
2. Коэффициент эффективного демпфирования: от ~5% до ~35%
3. Размеры до: 1,500 x 1,500 x 750 мм, диаметр 1,200 x 750 мм

Центральная больница
Тиауак, Мексика



> Ориентировочные размеры основаны на предположении, что:

Диапазон температур: от -25 °C до +50 °C для нормативной нагрузки; от -13 °C до +45 °C для максимальной расчетной сейсмической нагрузки.

Полное перемещение d_{max} , включая рекомендуемые коэффициенты надежности согласно EN 1998 ($\gamma_x = 1.2$ для зданий и $\gamma_x = 1.5$ для мостов)

MLRB; $d_{bd} = 250$ mm and $d_{max} = 300$ mm

N_{Sd}	$N_{Ed,max}$	k_{ef}	F_h	χ_{eff}	T_{eff}	A,B	H
[MN]	[MN]	[kN/mm]	[kN]	[%]	[sec]	[mm]	[mm]
1,50	1,00	1,87	530	20,7	1,5	500	240
5,00	2,80	3,13	890	20,5	1,9	600	220
7,00	5,00	3,34	946	21,3	2,5	670	250
9,00	6,40	4,02	1128	23,5	2,5	710	270
12,00	8,60	4,45	1251	23,2	2,8	750	270
15,00	10,70	5,14	1444	23,6	2,9	800	270
18,00	12,90	5,08	1426	23,9	3,2	840	290
20,00	14,30	5,62	1570	25,0	3,2	870	290
22,00	15,70	6,28	1754	24,9	3,2	920	310
26,00	18,60	6,57	1837	24,7	3,4	970	330
31,00	22,10	6,42	1794	25,2	3,7	1000	350
37,00	26,40	6,87	1922	24,5	3,9	1070	370
41,00	29,30	7,63	2138	24,4	3,9	1130	370

N_{Sd} = Максимальная вертикальная проектная нагрузка в сочетании с нормативными перемещениями d

$N_{Ed,max}$ = Максимальная вертикальная сейсмическая нагрузка в сочетании с d_{max}

d_{bd} = Проектное сейсмическое перемещение

d_{max} = Полное перемещение, включая коэффициент надежности

F_h = Горизонтальная сила

χ_{eff} = Эффективное демпфирование для d_{bd}

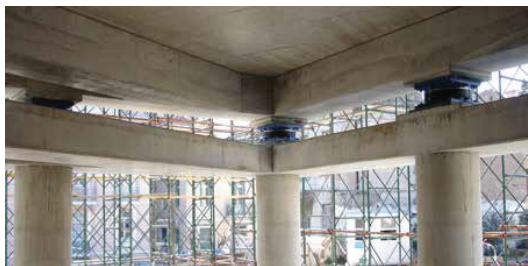
T_{eff} = Эффективный период для d_{bd}

Дополнительные таблицы с различными модулями сдвига, перемещений и нагрузок доступны [см. на www.maurer.eu, техническая информация TI_003]

> Преимущества эластомерных изоляторов MAURER

- Высокая долговечность благодаря высококачественным синтетическим хлоропеновым или натуральным резиновым смесям MAURER со сроком службы от 20 до 50 лет; снижение эффекта старения благодаря использованию хлоропеновых резиновых смесей.
- Устройства прошли весторонние испытания и могут поставляться с маркировкой CE.
- Соответствуют стандартам в стране использования, например, EN15129, AASHTO, ASCE.
- Эффективный коэффициент демпфирования достигает 30–35%, что позволяет значительно уменьшить перемещения сооружения.
- Подходят для «умеренных» климатических зон с температурами выше 0 °C; для использования при -25 °C необходимо при расчете на сеймику учитывать эффект упрочнения резиновой смеси на 30–50%.

> Скользящие изоляторы



Музей Новый Акрополь в Афинах
MAURER SIP®

Скользящие изоляторы MAURER, благодаря предусмотренной в них возможности относительного перемещения конструктивных элементов сооружения по поверхности, позволяют существенно снизить горизонтальные усилия при сейсмических воздействиях. Особенности конструкции и применяемых материалов позволяют воспринимать 3–10 проектных землетрясений без каких-либо признаков износа, при этом срок их службы соответствует сроку службы защищаемого сооружения. Они состоят из нижней и верхней опорных плит с расположенными между ними сферическим элементом MSA® полимерным материалом скольжения MSM® - чрезвычайно устойчивым к нагрузкам скользящим материалом, запатентованным MAURER.

Скользящие изоляторы MAURER применяются в новых зданиях и мостах в качестве базовой системы изоляции или используются для модернизации существующих сооружений для повышения их сейсмостойкости. Они способны передавать экстремальные вертикальные нагрузки, обеспечивать большие горизонтальные перемещения, воспринимать кручение и эффективно возвращать надстройку в исходное положение. В зависимости от требований к демпфированию изолятор может быть сконструирован с трением от 1% до 7% или дополнен гидравлическими/гистерезисными демпферами MAURER.

> Варианты скользящих изоляторов:

1. Скользящий изолятор (SI) без самоцентрирования

Эти устройства имеют плоскую пластину скольжения, которая обеспечивает горизонтальные перемещения и рассеивает энергию за счёт трения между материалом скольжения MSM® и полированным листом из аустенитной стали.

2. Скользящий изолятор маятникового типа (SIP®) с самоцентрированием

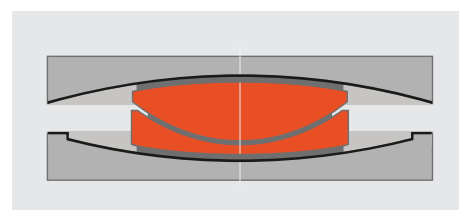
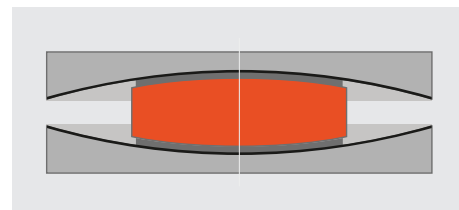
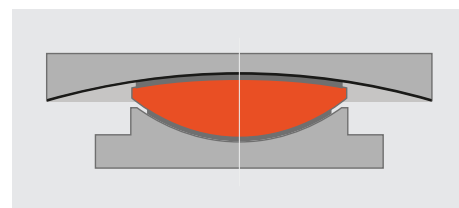
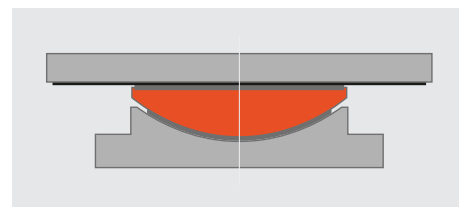
Эти устройства имеют вогнутую пластину скольжения, благодаря чему они работают подобно маятнику и рассеивают энергию за счёт трения на поверхности скольжения. Кривизна вогнутой пластины определяет период колебаний и жесткость в изоляторе, которая обратно пропорциональна радиусу кривизны. Самоцентрирование происходит за счет скольжения по криволинейной поверхности под воздействием гравитационных сил.

3. Скользящий изолятор маятникового типа с двойной сферической поверхностью (SIP®-D) с самоцентрированием

В этих изоляторах сферический элемент скользит между двумя идентичными вогнутыми опорными пластинами, что удвоить величину воспринимаемых перемещений по сравнению с одинарным SIP® того же диаметра. Соответственно, размер опорной площади для размещения изолятора может быть значительно уменьшен при той же величине перемещений.

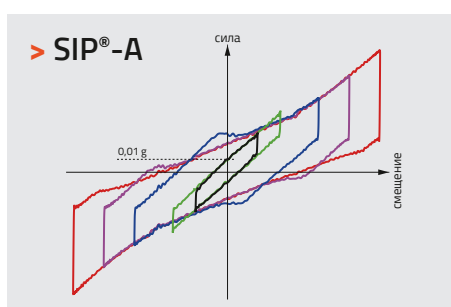
4. Адаптивный скользящий изолятор маятникового типа (SIP®-A) с самоцентрированием

Адаптивный изолятор высоко эффективен и способен адаптироваться к фактическим воздействиям, обеспечивать оптимальную изоляцию сооружения не только при пиковом ускорении грунта во время землетрясения, но и при более слабых сейсмических/ветровых воздействиях и снижая базовые сдвиговые усилия и воспринимая кручение.

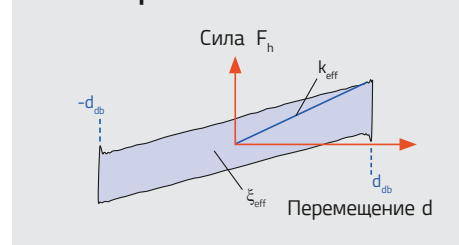


> Приложенное усилие

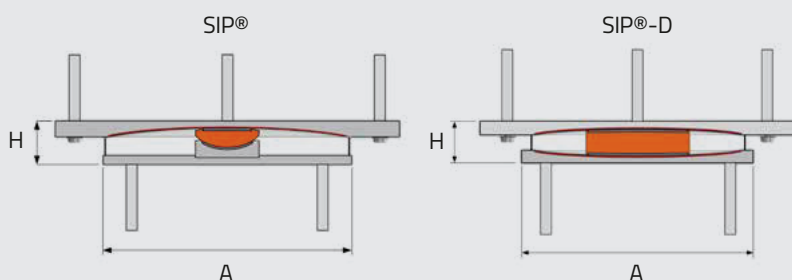
Гистерезисные петли «петли-перемещение» при испытаниях SIP®-A в EUCENTRE, Павия, Италия



> Гистерезисная петля SIP®-D



> Скользящий изолятор маятникового типа (SIP®, SIP®-D)



$N_{Sd} / N_{Ed,max}$ [kN]	d_{max} [mm]	SIP®		SIP®-D	
		Plan view A* [mm]	Height H** [mm]	Plan view A* [mm]	Height H** [mm]
500 / 1,000	+/-350	820	155	530	125
1,000 / 2,000	+/-350	880	165	580	135
2,000 / 4,000	+/-350	940	175	650	150
3,000 / 16,000	+/-350	990	185	710	165
5,000 / 10,000	+/-350	1,085	190	790	200
7,000 / 14,000	+/-350	1,160	200	860	230
11,000 / 22,000	+/-350	1,260	215	980	280
15,000 / 30,000	+/-350	1,360	240	1.080	330
25,000 / 50,000	+/-350	1,560	295	1.250	420
30,000 / 60,000	+/-350	1,620	325	1.310	485
35,000 / 70,000	+/-350	1,710	365	1.410	550

N_{Sd} = Нормативный собственный вес + часть нормативной временной нагрузки (назначается проектировщиком)

$N_{Ed,max}$ = Максимальная расчетная вертикальная нагрузка с учетом сейсмике

d_{max} = Полное перемещение при землетрясении в сочетании с эксплуатационными условиями (температурные/ ветровые/

ползучесть/усадка)

Адаптация к любому конкретному проекту возможна

* при динамическом трении = 3% динамического трения для N_{Sd}

** при радиусе маятника 4000 мм;

без элементов анкеровки;

в зависимости от указанных допускаемых напряжений сжатия бетона

> Примечания

Динамический коэффициент трения, радиус маятника и перемещения в изоляторах определяются индивидуально и адаптируются к конструкции сооружения в зависимости от максимально допустимых горизонтальных усилий на несущие элементы и перемещений сооружения.

Гостиница
Secrets&Dreams
Бахия Мита,
Мексика



> Преимущества сейсмоизоляторов маятникового типа MAURER

- Сейсмоизоляторы маятникового типа MAURER не требуют никакого технического обслуживания при эксплуатации и обеспечивают безотказную работоспособность в течение срока службы самого сооружения.
- Мгновенные плавные перемещения без эффекта «stick-slip», поскольку значения статического трения низкие.
- Испытания, проведенные в Калифорнийском университете в Сан-Диего (США) и Институте испытаний материалов Университета Штутгарта, подтвердили уникальную устойчивость материала MSM® к старению и износу даже после 50 км статического и динамического скольжения.
- Неизменность функциональности гарантирована даже после 3–10 землетрясений проектной интенсивности.
- Период колебаний изолированного сооружения не зависит от вертикальной нагрузки на изоляторы и соответствует периоду колебаний, предусмотренному конструкцией изолятора.
- Конструкция изоляторов, свойства MSM®, статические расчеты и испытания, проведенные в соответствии с требованиями технических норм, вместе с маркировкой CE обеспечивают надёжность и безопасность.
- Применяются при расчетных температурах от -50 до +70°C.
- Проверено стандартами EN 15129, AASHTO, ASCE.

Диссипация энергии

> Гидравлические демпферы (МНД)

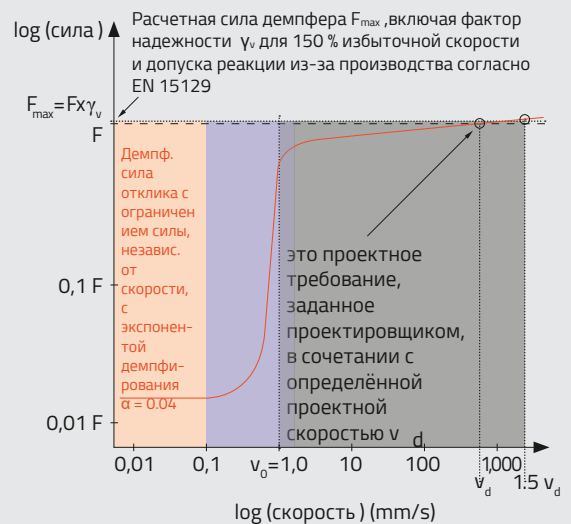
Гидравлические демпферы MAURER (МНД) могут дополнять изоляторы и опорные части для достижения оптимального поведения системы с точки зрения уменьшения сил и перемещений как при сейсмических, так и при эксплуатационных нагрузках. Они гарантируют максимальное демпфирование и управляемое рассеивание энергии. Во время землетрясения интегрированная автоматическая система управления потоком гидравлической жидкости позволяет обеспечить равномерные перемещения штока демпфера на практически постоянном уровне. При желании устройства могут быть оснащены уплотнительными системами с низким коэффициентом трения (<1% от F) и без трения (> 450 км скользящего пути).



Гидравлические демпферы в собранном виде

- 1. Ответная реакция на температурные перемещения:** при скоростях перемещения ниже 0,1 мм/с в демпферах не возникает значительных сил отклика, превышающих 1–3 % от расчетной ответной реакции F.
- 2. Ответная реакция на резкие изменения скорости перемещения: (транспорт, ветер, сейсмика):** При внезапном резком приложении нагрузки и увеличении скорости перемещения в интервале $v_0 = 0.1$ to 2 мм/с, демпфер не допускает относительных перемещений соединяемых элементов сооружения. Реакция демпфера может быть адаптирована к требованиям проекта как по скорости перемещения, так и по жесткости.
- 3. Ответная реакция при расчетном землетрясении:** При превышении заданной проектом величины реакции демпфер разблокируется и обеспечивает возможность относительных перемещений с постоянной скоростью, диссипируя при этом значительное количество энергии. Максимальное реактивное усилие F_{max} при этом не увеличивается и практически не зависит от скорости в диапазоне от v_d до 1,5 v_d . В результате МНД, его анкеровка и конструкция защищены от перегрузки.

> Диаграмма скорости силы МНД

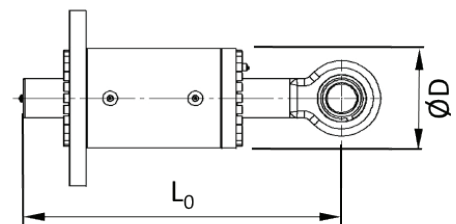
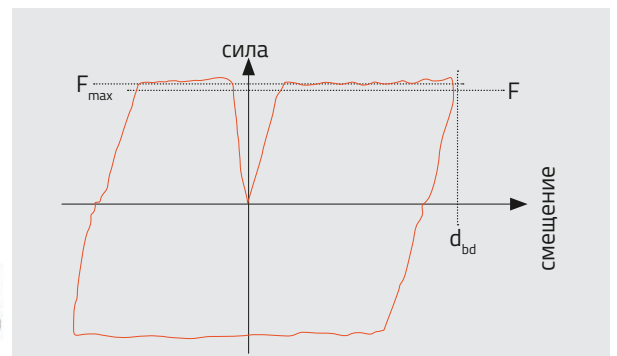


Сейсмические демпферы			
F_{max}	$\pm d_{max}$	L_0	$\varnothing D$
[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
500	50	670	370
1000	50	670	370
1500	50	740	430
2000	50	740	430
2500	50	920	540
3000	50	1070	680
4000	50	1180	750



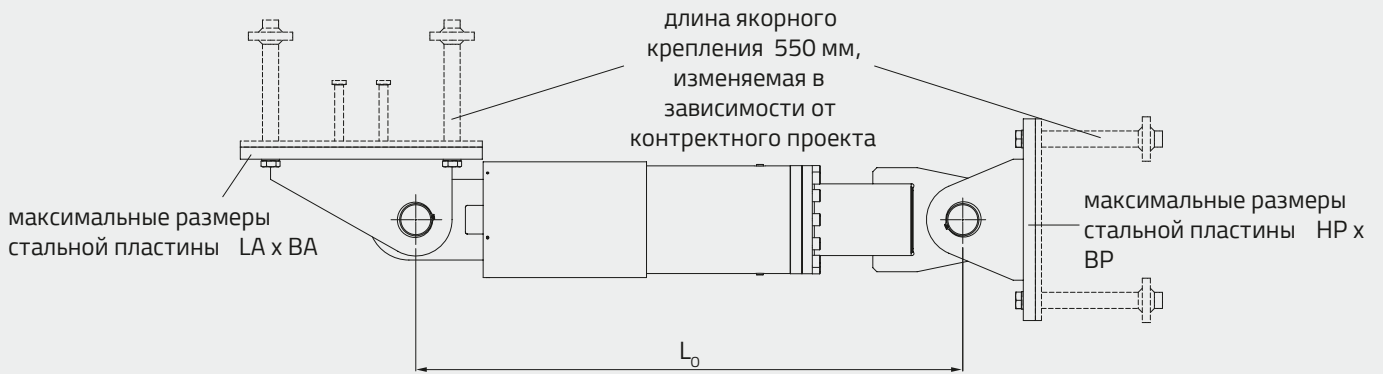
Типовой демпфер

> **Сейсмический демпфер**
Кривая зависимости силы от перемещения (МНД) при гармонических перемещениях $F_{max} = 1,900$ kN и 1,300 мм.



Адаптация к любому проекту возможна

> Гидравлический демпфер (МНД)



> Предварительные размеры при:

- Максимальная скорость $v = 300$ мм/с до 1,500 мм/с или выше
- F_{max} не сильно выше F
- Часто возникающие эксплуатационные силы от движения транспорта, ветра и т. д.: $F_{service} = 0.25 \times F_{max}$ 200,000 циклов загрузки $F_{service}$
- Экспонента демпфирования $\alpha = 0.04$ может быть

- модифицирована в зависимости от линейного поведения вязкости ($\alpha = 1$) и/или даже достичь гибридных функций
- Превышение скорости и производственные допуски учитываются в соответствии с EN 15129 для F_{max} с коэффициентом надежности $\gamma_v = (1+t_d) \times 1.5^\alpha$ который умножается на указанную проектировщиком силу F , где $t_d = 0,1$ для допуска реакции

Гидравлические демпферы (МНД)

F_{max}	$\pm d_{bd}$	L_0	LA	BA	HP	BP
[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
585	200	1945	350	335	305	270
1200	200	2075	550	400	400	300
1720	200	2165	625	410	410	400
2350	200	2195	635	440	430	400
3000	200	2300	810	460	465	460
3500	200	2525	920	570	515	510
4700	200	2600	1120	585	545	830

F_{max} = максимальная сила без учета фактора надежности для 150 % избыточной скорости

d_{max} = максимальное сейсмическое смещение

L_0 = в соответствии с выбранным d_{max}

Дизайн подбирается индивидуально и адаптируется к требованиям проектной документации

> Преимущества гидравлических демпферов MAURER MHD

- Отсутствие протечек благодаря системе тройного уплотнения, предотвращающей износ и усталость (протестировано на 400 км).
- Защита конструкции и самого демпфера благодаря применению эффективного ограничителя усилий с помощью специальной системы вентилях. F_{max} превышает F_d на основе типичного коэффициента γ_v в диапазоне от 1.07 до 1.12 произведенными допусками (t_d) 0.05-0.10.
- Оптимальная производительность в любых климатических зонах. Функциональные характеристики практически не зависят от температуры в диапазоне от -50 до +80 °C.
- Мгновенная блокировка. Максимальное перемещение при блокировке не превышает 1–3 мм для эксплуатационных нагрузок благодаря низкой компрессии (всего 0,5–3%) гидравлического масла.
- Возможность уменьшения перемещений и усилий в системе с экспонентами демпфирования = 0,04–1,0. Возможны гибридные системы с различными экспонентами для соответствующих диапазонов скоростей.
- Оптимизированная конструкция. Возможна поставка с маркировкой CE.
- MAURER может предоставить адаптивные демпферы (МНД-А), специально разработанные для гашения колебаний вант и динамических гасителей колебаний.
- Срок службы более 50 лет.
- Соответствует стандартам, действующим в стране использования, например, EN 15129, AASHTO и ASCE.

Стальные гистерезисные демпферы (MSHD)

Устройства семейства MSHD классифицируются как устройства, зависящие от смещения (DDD), и нелинейные устройства (NLD) согласно EN 15129 с осевым направлением действия. Компания MAURER разработала и экспериментально проверила два типа демпферов. Гистерезисные демпферы для больших перемещений (LSHD), названные MANTIS®, предназначенные для установки преимущественно на мостах, и гистерезисные демпферы для небольших перемещений (SSHD), названные SHARK®, – для установки в зданиях.



MAURER SHARK®-Adaptive

Оба типа демпферов диссипируют сейсмическую энергию за счёт пластической деформации стальных элементов, эффективно увеличивая демпфирование системы и снижая уровни усилий в несущих элементах конструкции. Обычные эксплуатационные нагрузки воспринимаются ими в упругой стадии работы демпферов. Усталостная прочность проверяется в соответствии с EN 1993-1-9 или другими стандартами.



MAURER MANTIS®

> Преимущества стальных гистерезисных демпферов MAURER

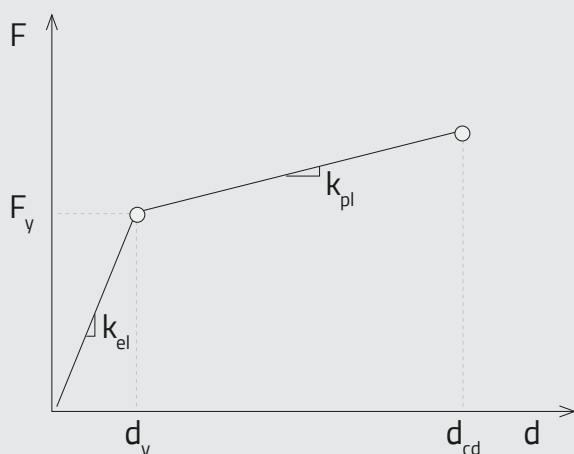
- Очень эффективное снижение усилий и перемещений, независимо от температуры и скорости перемещений.
- Срок службы 100 лет или более без обслуживания, поскольку отсутствуют старение, износ или загрязнение.
- Обеспечивают безотказную функциональную работоспособность без повреждений даже после 2-4 максимальных расчетных землетрясений (MCE).
- Возможна простая визуальная проверка и контроль работоспособности после землетрясений.
- Возможна поставка с маркировкой CE и сертификация.
- Возможна модульная последовательная или параллельная компоновка устройств для достижения необходимого диссипации энергии.
- Очень экономичное решение благодаря простому компактному дизайну со стальными элементами.
- Опционально возможна поставка системы мониторинга MAURER.

> MANTIS® – гистерезисный демпфер для больших перемещений (LSHD)

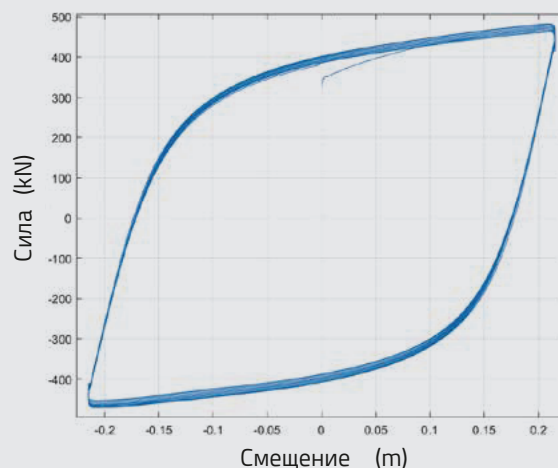
Демпфер MANTIS® является оптимальным решением для систем с симметричными циклами перемещений, например многопролетных мостов или систем с сейсмоизоляцией с перемещением до ± 410 мм. Это обеспечивает надежный контроль перемещений и снижение возникающих сил. Устройство особенно хорошо подходит для систем, в которых обычные эксплуатационные перемещения (например, тепловые) находятся в диапазоне ± 15 мм– ± 25 мм. Поэтому оптимальное место их установки по оси продольных перемещений – это опора в середине моста или со стороны более коротких мостов. В поперечном направлении моста MANTIS® может быть размещен на любой оси.



> Характеристическая кривая MANTIS®



> Гистерезисная петля MANTIS®



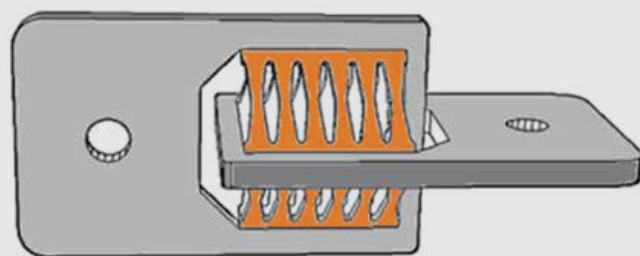
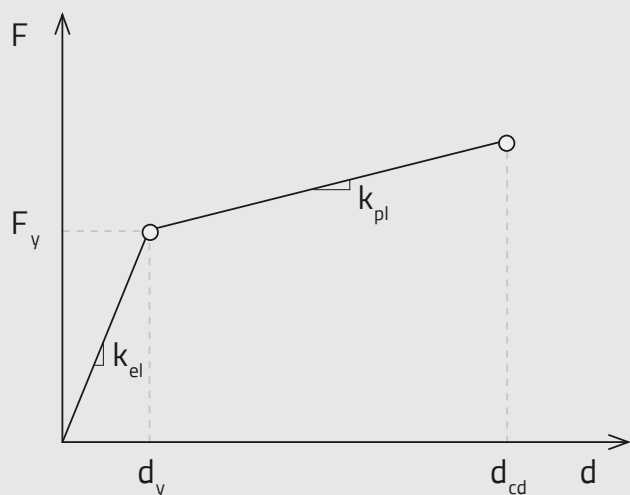
> Преимущества MAURER MANTIS®

- Эффективная защита конструкции, поскольку уровни сейсмических сил снижаются в 2–5 раз.
- Значительная упругая жесткость обеспечивает важный вклад в самоцентрирование конструкции – см. кривые на графике.
- Возможность восприятия перемещений до ± 410 мм.
- Основные области применения – пролетные строения мостов или дополнительное демпфирование в системах с сейсмической изоляцией.

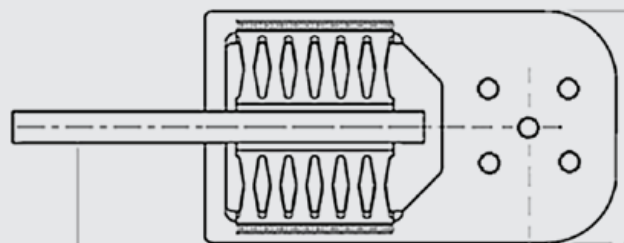
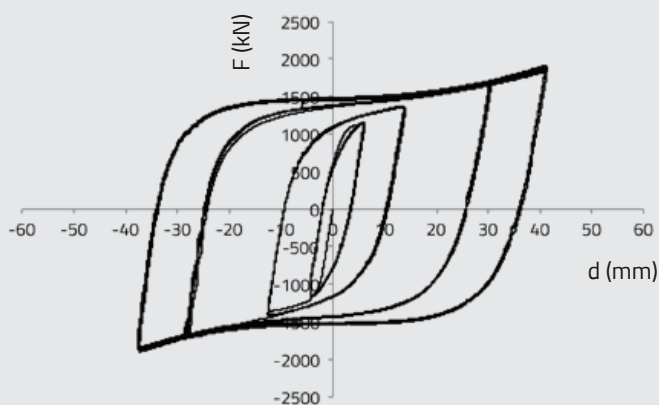
> SHARK® – гистерезисный демпфер для коротких перемещений (SSHD)

Демпфер SHARK® – это инновационное устройство для диссипации энергии, способное обеспечить структурную безопасность и предотвратить потенциальные повреждения, вызванные землетрясением. Эти демпферы в основном рассматриваются как часть системы элементов, обеспечивающих жесткость в промышленно-гражданских зданиях и высотных сооружениях. Демпфер SHARK® изготавливается из стали и имеет пластинки специальной формы, обеспечивающие особые характеристики ответных реакций демпфера на деформации сдвига

> Характеристическая кривая SHARK®



> Гистерезисная петля SHARK®



> Преимущества MAURER SHARK®

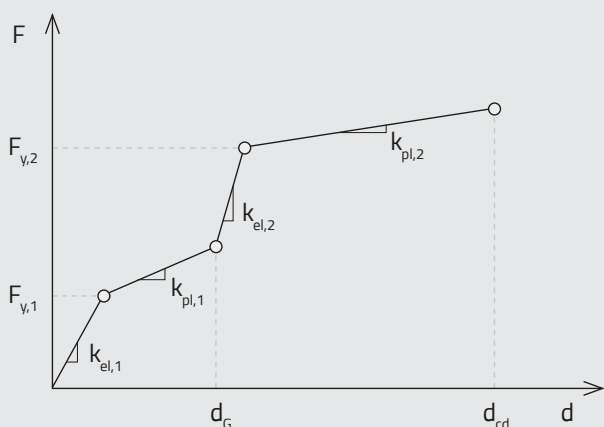
- Большое количество параллельно расположенных гистерезисных пластинок обеспечивает высокую надежность и безопасность.
- Конструируются и рассчитываются для максимального расчетного землетрясения (МСЕ).
- Надежно ограничивает перемещения конструкции при снижении усилий от сейсмике в 2–4 раза.
- Возможность восприятия перемещений до ± 70 мм или более.
- Простое моделирование при проектировании сооружений с билинейной гистерезисной петлей.
- Основные области применения – системы системы сейсмозащиты зданий и сооружений.

> SHARK®-Adaptive – гистерезисный демпфер для коротких перемещений (SSHD)

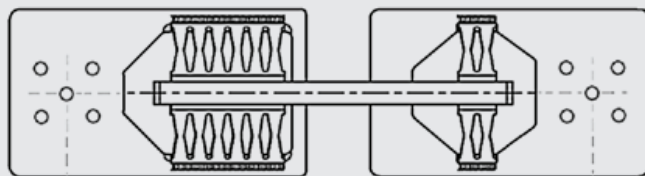
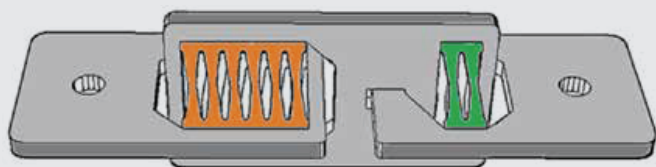
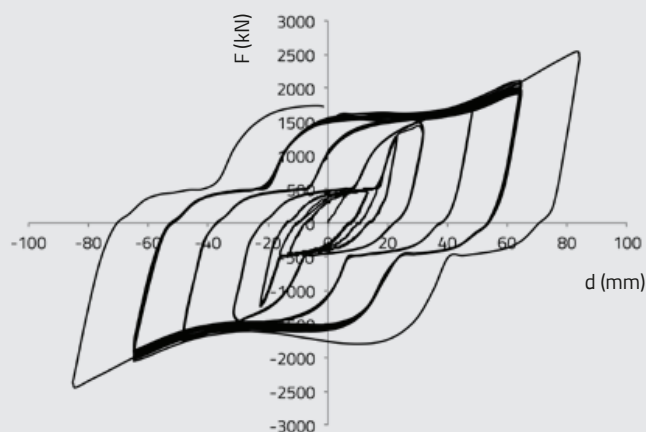
Демпфер SHARK®-Adaptive обладает уникальной «двухступенчатой» гистерезисной петлей, которая позволяет гибко регулировать эффективную жесткость и демпфирование в зависимости от интенсивности землетрясения. Для слабых, но частых проектных землетрясений устройство достаточно адаптивно и обеспечивает незначительное, но достаточную диссипацию энергии. Такое поведение минимизирует пиковые ускорения верхних этажей и эффективно защищает чувствительные не несущие компоненты зданий (например, лифты, электрические панели, подвесные потолки, медицинское оборудование).

Во время сильных сейсмических событий МСЕ устройство внезапно увеличивает жесткость, достигая гораздо большей силы демпфирования с целью ограничения максимального коэффициента смещения конструкции. Два рассеивающих сердечника расположены последовательно и связаны с помощью «соединительной плиты с зазором». Для малых смещений ($|d| \leq d_{\text{GAP}}$) сначала активируется меньший рассеивающий сердечник (зеленый; режим 1) в его упругом, а затем пластическом режиме для увеличения демпфирования конструкции. Во время этих малых смещений больший сердечник (оранжевый) остается в упругом диапазоне. При больших амплитудах смещений ($|d| > d_{\text{GAP}}$) включается больший гистерезисный сердечник (оранжевый; режим 2), предлагая более высокую эффективную жесткость и демпфирование.

> Характеристическая кривая SHARK®-Adaptive



> Гистерезисная петля SHARK®-Adaptive



> Преимущества MAURER SHARK®-Adaptive

- Аналогично SHARK®, но с индивидуально подобранным оптимальным характером работы, обеспечивающим дополнительную защиту уязвимого и особо важного технологического оборудования внутри зданий, которые должны оставаться полностью функциональными в чрезвычайной ситуации после землетрясения.
- Снижение сейсмичности в 2–6 раз.
- Возможность восприятия перемещений до ± 120 мм или более.
- Основные области применения – системы сейсмозащиты зданий и сооружений.

Сейсмостойкие деформационные швы MAURER

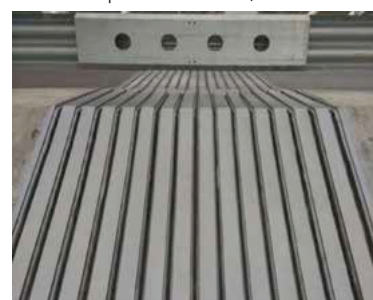
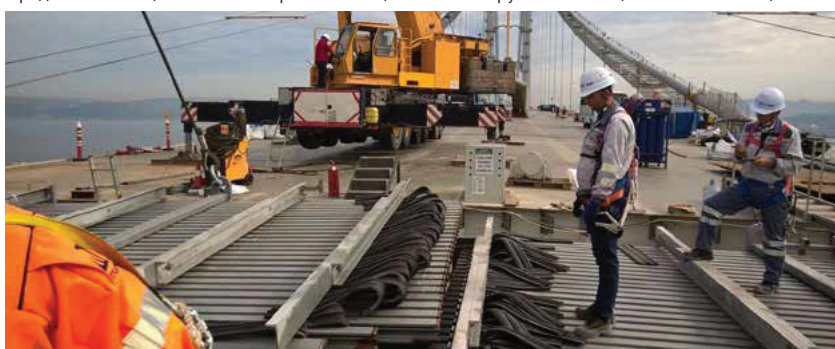
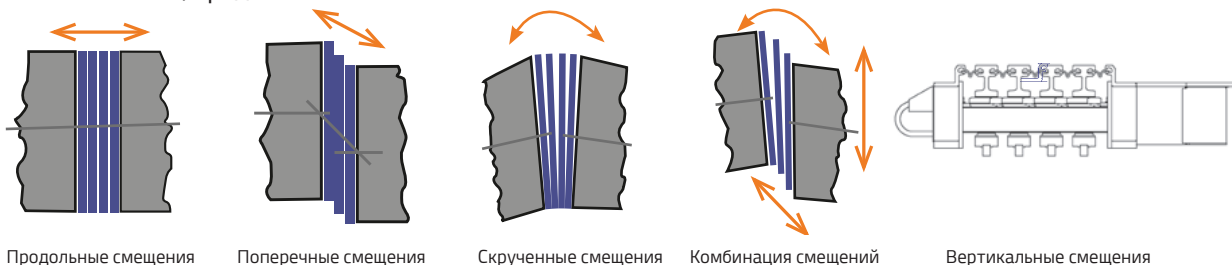
Все деформационные швы на автомобильных и железнодорожных мостах должны обеспечивать возможность перемещений и углов поворота между примыкающими конструкциями и одновременно воспринимать нагрузки и воздействия от движения транспортных средств. Деформационные швы должны быть спроектированы таким образом, чтобы воспринимать многократные перемещения с несколькими степенями свободы, передаваемые на системы опирания швов, а также рассчитаны на восприятие максимальных расчетных нагрузок при эксплуатации и сейсмике. Основными факторами, определяющими перемещения в деформационных швах при эксплуатации, являются колебания температуры, ползучесть/усадка бетона и воздействующие нагрузки (транспорт, ветер). Сейсмические воздействия вызывают дополнительные, в некоторых случаях значительные, прогибы и смещения, которые могут значительно отличаться от расчетных как по интенсивности, так и по направлению и скорости. Во время сейсмического события и после его окончания очень важно обеспечить беспрепятственное или хотя бы ограниченное движение для спасательных и технических служб, а также органов правопорядка.

> Преимущества сейсмостойких деформационных швов MAURER

- Техника спасательных служб может немедленно проезжать по швам после сейсмического события.
- В зависимости от требований технического задания проекта возможно предусмотреть различные степени повреждений, вызванных воздействием больших смещений при землетрясении: от их полного отсутствия до ограниченных повреждений. При этом всегда обязательным требованием остается возможность проезда по шву техники аварийных и спасательных служб.
- Швы с использованием системы защиты («Fuse Box») допускают возникновение повреждений в предусмотренных конструкцией швов местах, при этом обеспечивая более экономичный дизайн в сочетании с быстрыми процедурами ремонта.
- Благодаря обеспечению усталостной прочности несущих стальных элементов и использованию долговечных материалов и деталей, расчетный срок службы швов составляет не менее 50 лет.

> Деформационные швы MAURER MSM® с поворотными траверсами для автодорожных мостов

Сейсмостойкие деформационные швы MAURER MSM® с поворотными траверсами особенно хорошо подходят для восприятия больших и сложных перемещений конструкции. Благодаря возможности свободных перемещений каждого отдельного промежуточного элемента и особому кинематическому механизму регулирования зазоров между отдельными модулями, эти швы во время землетрясения способны воспринимать без повреждений в продольном направлении перемещения 3,5 м и более, а в обычном эксплуатационном режиме – до $\pm 2,5$ м. Различные комбинации перемещений, воспринимаемые MAURER MSM®, представлены ниже:



Вид на опорную балку

> Системы защиты “Fuse Box” для модульных швов

В случаях, когда проектом не предусмотрено полное восприятие деформационными швами всех перемещений от сейсмических воздействий, целесообразно рассматривать возможность применения системы MAURER Fuse Box, обеспечивающей возможность восприятия перемещений от небольших землетрясений, при этом допуская ограниченные повреждения швов. Концепция системы MAURER Fuse Box заключается в защите пролетного строения моста от высоких сдвигающих нагрузок и повреждений, когда предусмотренные проектом зазоры между пролетным строением и примыкающими конструктивными элементами не обеспечивают возможности восприятия этих перемещений.

MAURER предлагает две принципиальные системы Fuse Box как для MSM® деформационных швов с поворотными траверсами, так и для решетчатых деформационных швов:

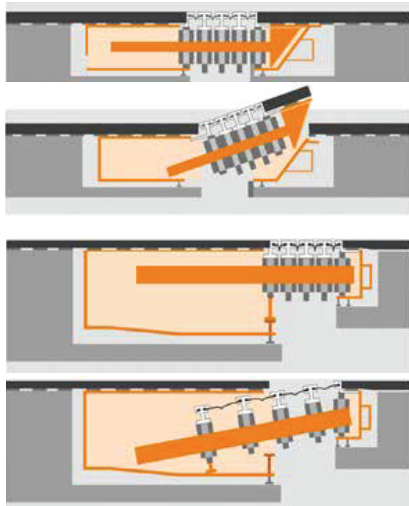


Шов с Fuse Box типа IV

> Системы Fuse Box для продольных перемещений

Тип I/III:

Для разработки конструкции систем Fuse Box важно знать максимальные перемещения деформационного шва при раскрытии и закрытии. При больших сейсмических перемещениях шва зазоры между средними модулями могут раскрываться более чем на 150 мм. При больших сейсмических перемещениях при закрытии, приводящих к полному закрытию шва и соприкосновению всех средних несущих элементов, система Fuse Box срабатывает, предотвращая раздавливание деформационного шва между пролетным строением и опорой или соседними пролетными строениями моста.



Тип I:

При больших закрывающих перемещениях одна сторона деформационного шва выталкивается через наклонный стальной короб. Механизм безопасности срабатывает за счет предусмотренного расчетом разрушения сварных соединений в определенных точках.

Тип III:

С одной стороны деформационный шов опускается в предусмотренное для него пространство в корпусе устройства. Там он может совершать перемещения, превышающие максимальное смещение при закрытии. Механизм безопасности активируется путем предусмотренного расчетом разрушения болтовых соединений у поверхности проезжей части и в нижней части компенсатора, где он соединяется с конструкцией моста. Этот тип Fuse Box уменьшает повреждения верхней части проезжей части и обеспечивает лучшую пропускную способность в разблокированном состоянии. При афтершоках обеспечивается нормальное восприятие перемещений.

> Поперечная система










Тип IV:

В ситуациях, когда перемещения моста в поперечном направлении превышают перемещения, допускаемые конструкцией деформационного шва, происходит разрушение стального штифта с надрезом, что приводит к срабатыванию системы направляющих скольжения. Это позволяет всему деформационному шву перемещаться в поперечном направлении без повреждения его конструктивных элементов.

Быстрый и простой ремонт деформационного шва и прилегающей части моста, например, небольшие сварочные работы, выполнение болтовых соединений и ремонт асфальтового покрытия возможны.

> Доступные типы деформационных швов с системами Fuse Box и без них

 MAURER	Ж/Д МОСТЫ	АВТОДОРОЖНЫЕ МОСТЫ			
		Деф. швы с плавающей поперечиной	MSM® деф. швы с поворотными траверсами	MSM® деф. швы с поворотными траверсами с Fuse Box	
Характеристики			Тип I	Тип III	Тип IV
До землетрясения	Без изменений	Без изменений			
После землетрясения	Без изменений	Без изменений			
Безопасность движения во время землетрясения	++++	++++	++	+++	+++
Состояние после проектного землетрясения (DBE)	++++	++++	+++	++++	++++
Состояние после максимально возможного землетрясения (MCE)	++++	++++	++	+++	+++
Проезд спасательных служб после землетрясения DBE, MCE	++++	++++	++	+++	+++

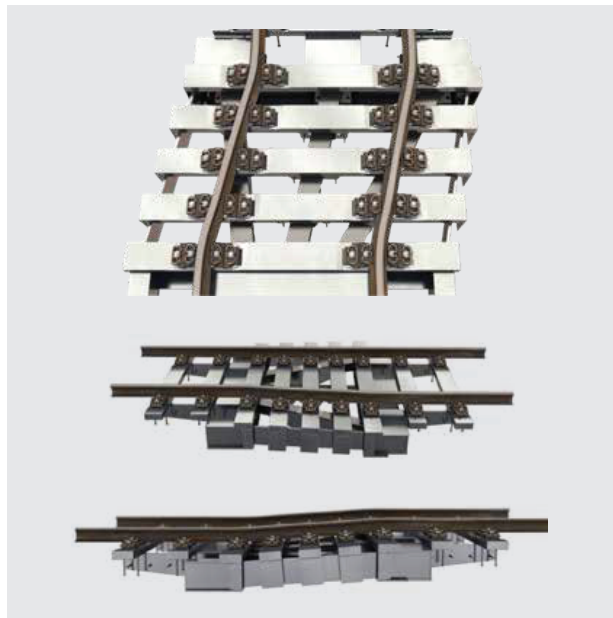


Система Fuse Box типа I

> Деформационные швы с плавающей поперечиной для железнодорожных мостов

В железнодорожных мостах перемещения между элементами верхнего строения пути приводят к дополнительным натяжениям в рельсах и нагрузкам на крепления рельсов. С созданием деформационных швов с плавающей поперечиной была внедрена конструкция швов, гарантирующая, что расстояние между поперечинами не превысит допустимого значения, и при этом швом будут восприняты все эксплуатационные и сейсмические перемещения по осям X, Y и Z без повреждения соединения.

Принцип регулирования перемещений модулей, хорошо зарекомендовавший себя в деформационных швах с поворотными траверсами для автодорожных швов, был успешно адаптирован к использованию в ж/д мостах. Деформационный шов с плавающими поперечинами устанавливается в специально предназначенную нишу, и монолитно соединяется с элементами моста с помощью бетонной заливки. В качестве альтернативы швы могут устанавливаться и на мостах с ездой на балласте.



Железнодорожная ветка Мехико-Толука, Мексика

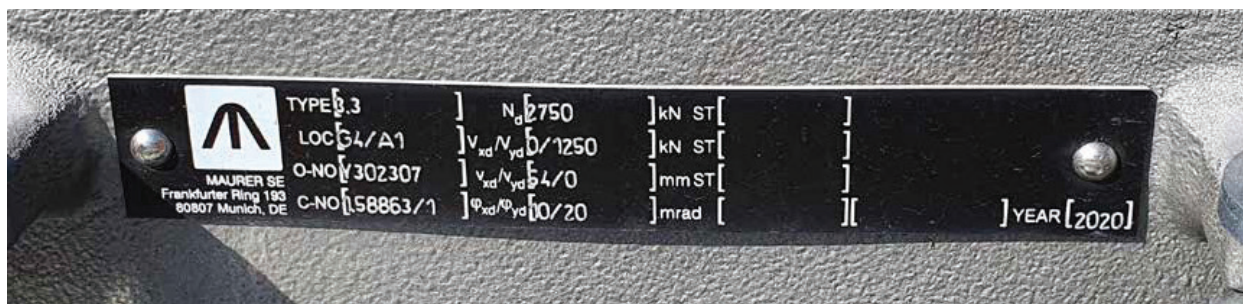


> Преимущества швов MAURER с плавающей поперечиной

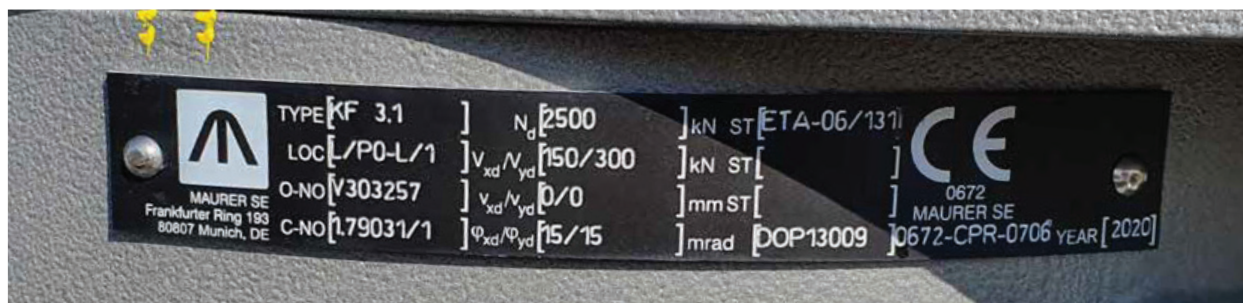
- Выдерживает разнонаправленные сейсмические перемещения без повреждений.
- При необходимости может быть интегрирован эффективный механизм защиты от схода с рельсов.
- Конструкция может воспринимать продольные перемещения 1600 мм или более.
- Быстрая и простая установка в течение 1–2 дней.
- Простая и быстрая проверка без прерывания движения поездов. Проверка и любые работы по обслуживанию могут проводиться снизу шва.
- Срок службы 20 лет или дольше благодаря высокой усталостной прочности и долговечным герметизирующим профилям. Техническое обслуживание при эксплуатации не требуется.
- Превосходная комфортность поездов при проезде.
- Доступны конструкции для легкорельсового, обычного или грузового железнодорожного транспорта.
- Рассчитан на нагрузки на ось до 250 кН и скорости прохождения до 300 км/ч и более в зависимости от требований проекта.

> Табличка с обозначением типа

Все важнейшие данные об опорной части приводятся на табличке, которая прикрепляется к каждому изделию.




Типичная табличка без маркировки «CE»



Типичная табличка с маркировкой «CE»

> Типовая табличка MAURER с обозначениями

 MAURER SE Frankfurter Ring 193 80807 Munich, DE	TYPE [1.]	N _d [5.]	kN ST [9.]	12.
	LOC [2.]	V _{xd} /V _{yd} [6.]	kN ST [10.]	
	O-NO [3.]	v _{xd} /v _{yd} [7.]	mm ST [11.]	
	C-NO [4.]	Φ _{xd} /Φ _{yd} [8.]	mrad []	13.] YEAR [14.]

- | | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|
| 1. Тип изделия | 6. Максимальное горизонтальное усилие | 8. Максимальные углы поворотов вокруг осей x и y | 12. Маркировка CE (если применимо) |
| 2. Место установки | 7. Максимальные перемещения по осям x и y | 9. № Стандарта | 13. № Сертификата (сертификат соответствия характеристик) |
| 3. Номер заказа артикля/ № id | | 10. № Стандарта | 14. Год изготовления |
| 4. Максимальная вертикальная нагрузка | | 11. № Стандарта | |

> Испытания

Компоненты для сейсмической защиты могут быть испытаны в соответствии с EN 1337, EN 15129, AASHTO или любыми другими требуемыми стандартами.

Испытания сейсмических устройств могут проводиться в различных испытательных лабораториях, например:

- Университет Бундесвера в Мюнхене / Германия
- Рурский университет в Бохуме / Германия
- EUCENTRE при Университете Павии / Италия
- ISMES в Бергамо / Италия
- Политехнический университет в Милане / Италия
- Университет Калифорнии, Сан-Диего / США
- Университет Калифорнии, Беркли / США

> Система мониторинга MAURER (MMS)

Системы мониторинга MAURER могут применяться для мониторинга продукции, несущих конструкций сооружения, а также для непрерывной записи воздействия на сооружение. Их цель - обеспечить функциональную эффективность, безопасность движения и экономичную эксплуатацию сооружения в течение его срока службы. Кроме того, они предоставляют важные данные о корректном функционировании системы.

> Преимущества MMS

- Улучшенный анализ рисков в течение срока службы.
- Мониторинг локальных повреждений.
- Оценка состояния и функциональности.
- Поддержка инспекции здания с важной дополнительной информацией.
- Продление срока службы за счет своевременных мер по ремонту.
- Сравнение фактического поведения с расчетными значениями и моделями.
- Основа для перерасчетов и инженерных испытаний.



> Контроль качества

Перечень некоторых технических норм и условий, выполняемых при разработке конструкции и производстве:

- EN 15129 «Антисейсмические устройства»
- EN 1998-1 «Проектирование конструкций для сейсмостойкости - Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий»
- EN 1998-2 «Проектирование конструкций для сейсмостойкости - Мосты»
- EN 1337 «Опорные части в строительстве»
- DIN EN ISO 9001 «Системы управления качеством»
- EN 1090 «Выполнение стальных и алюминиевых конструкций»
- DIN EN ISO 14001 «Системы экологического менеджмента»
- Маркировка CE
- Европейские технические условия
- ETA-06/0131 «Сферические и цилиндрические опорные части со специальным материалом скольжения из UHMWPE (ультравысокомолекулярного полиэтилена) с торговыми названиями MAURER MSM® Spherical and Cylindrical Bearing»
- Тестирование независимыми университетами и уполномоченными органами



Индивидуально адаптированные испытания сейсмозащитных устройств

По требованию заказчика MAURER проводит статические и динамические испытания всей сейсмозащитной продукции в соответствии с предъявленными требованиями. Важно проводить испытания не только на предельные сейсмические нагрузки, но также, если это применимо к данному конкретному сооружению, учитывать часто возникающие эксплуатационные нагрузки, такие как ветер, торможение ж/д транспорта, вибрации от движения транспорта и т.д.

В результате испытаний подтверждается способность изделия к рассеиванию энергии сейсмических событий в заданных пределах, а также его жесткость, устойчивость и прочность. Испытания также подтверждают долговечность продукции MAURER, которая даже после более чем пяти проектных землетрясений устройства MAURER не получает повреждений.

Испытания на эксплуатационные нагрузки в большей степени связаны с проверкой износостойкости (испытание на скольжение не менее 10 000 метров для температурных перемещений от движения транспорта), усталостной прочности (до нескольких миллионов циклов ветровой нагрузки), начальной высокой жесткости и сопротивления блокировке при эксплуатационных ударных нагрузках (ж/д транспорт, ветер и т.д.) и общей долговечности.

> Атомные электростанции и ветряные парки в Европе

Испытания в Университете Бендесвера (Мюнхен, Германия) резинометаллических изоляторов для эксплуатационной нагрузки от 900 кН до 6,590 кН, боковых смещений до ± 120 мм и вертикальных смещений от 2 мм до 15 мм при частоте от 0,04 Гц до 1 Гц.



> Проект аэропорта в Инчоне/Корея

Испытания в EUCENTRE (Павия, Италия) маятникового изолятора SIP для нагрузки 35,000 кН, ± 200 мм и 0,175 Гц для сейсмозащиты моста на подъезде.



> Проект «Русский мост»

Испытания в CALTRANS Университета Калифорнии (Сан-Диего, США) демпфера MHD для эксплуатационной нагрузки 3,000 кН и до 5,000 кН предельной силы, хода 800 мм, -40°C и до 750 мм/с, так как применение предназначено для эксплуатационных ветровых и предельных сейсмических условий нагрузки при низкой температуре.



> Проект железнодорожного моста Аксос / Греция

Испытания в Рурском университете Бохума / Германия эластомерного изолятора MLRB с диаметром свинцового сердечника 250 мм для нагрузки 22,000 кН и перемещения ± 260 мм.



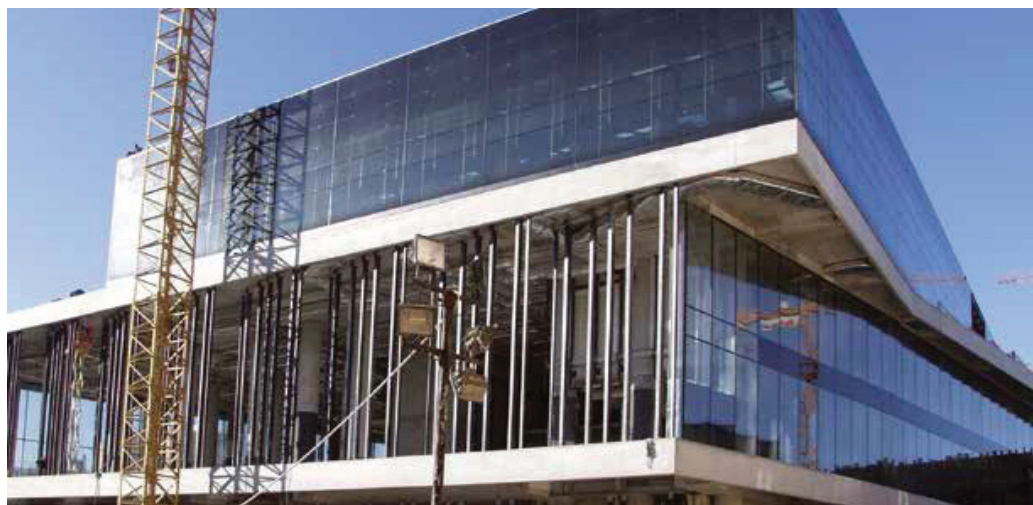
Системы MAURER так же индивидуальны, как и защищаемые ими конструкции

> «Русский мост» Владивосток, Россия

Цель: защита конструкции от ветра и землетрясений на вантовом мосту с самым большим в мире пролетом (расстояние между пилонами 1,104 м).

Проект включал в себя:

деформационные швы с поворотными траверсами с перемещениями до 2,4 м (XLS 2400), сферические опорные части MAURER MSM® (KGA, KGE); опорные части для восприятия горизонтальных усилий (HKE) нагрузкой 34 МН; гидравлические демпферы (MHD) с ответной реакцией 3 МН и с перемещением 2,2 м для восприятия нагрузок от ветра и сейсмике; пассивные и адаптивные демпферы для гашения колебаний вант длиной до 578 м.



> Новый музей Акрополя Афины, Греция

Цель: сейсмоизоляция для защиты нового здания музея весом 33,000 тонн от повреждений при землетрясении.

Проект включал в себя: скользящие изоляторы маятникового типа MAURER MSM® с верхней плитой скольжения (SIP*) для наложенной нагрузки до 13,6 МН и перемещений ± 255 мм.

> Железнодорожный виадук Лас Пьедрас близ Малаги, Испания

Цель: при движении высокоскоростных испанских поездов AVE на виадуке длиной 1200 м возникают тормозные усилия, которые не должны приводить к значительным перемещениям конструкции. Кроме того, гибкие опоры высотой 93 м при землетрясениях подвергаются воздействию значительных нагрузок с ускорениями 0,1g–0,2g.

Проект включал в себя: сферические опорные части MAURER MSM® (KGA, KGE, KF) для нагрузок до 25 МН, поперечных усилий до 2 МН и перемещения ± 350 мм; гидравлические демпферы (MHD) с реакцией 2,5 МН и перемещением ± 350 мм; шок-трансммитеры с функцией ограничения нагрузки (MSTL) для восприятия транспортных нагрузок.



> Мечеть Джамаа Эль-Джазаир Алжир, Алжир

Цель: предотвращение возникновения значительных повреждений главного здания длиной 145 м, шириной 145 м и высотой 65 м составляет и защита его содержимого даже при максимальных пиковых ускорениях грунта, достигающих 0,65g.

Проект включал в себя: скользящие изоляторы маятникового типа MAURER MSM с двумя плитами скольжения и шарнирами для возможности поворотов (SIP*-A) для нагрузки до 27 МН и перемещений ± 655 мм; гидравлические демпферы (MHD) с реакцией 2,5 МН и перемещениями ± 655 мм.



> Новый музей Акрополя Афины, Греция

Цель: обеспечение равномерного распределения температурных перемещений при эксплуатации и ограничение максимальной амплитуды перемещений при сейсмических воздействиях на мосту длиной 610 м с плавающим опиранием на эластомерных опорных частях.

Проект включал в себя: эластомерные изоляторы MAURER (MLRB) для результирующей нагрузки до 31 МН и перемещений ± 380 мм.

> Башни Баттерфляй Бухарест, Румыния

Цель: защита конструкции от вибраций, вызванных ветром, из-за сильного вихреобразования на краях здания, которые вызывают дискомфорт у жильцов, а также ограничение амплитуды колебаний верхних этажей при сейсмике, поскольку Бухарест расположен в зоне сейсмической активности и без демпфирования амплитуды колебания здания превышали бы 500 мм.

Проект включал в себя: 56 демпферов MAURER (MHD) для защиты здания. Демпферы имеют экспоненту демпфирования 0,15, определяющую скорость достижения демпфером расчетной реакции в зависимости от скорости перемещения. В случае землетрясения 32 демпфера для более высокой офисной башни обеспечивают ответную реакцию 1,550 кН при скоростях 191 мм/с и амплитуде ± 90 мм. 24 меньших демпфера в южной башне рассчитаны на 1,170 кН при 191 мм/с и амплитуде ± 75 мм. Оба типа демпферов имеют длину 750 мм.





> **Госпиталь Генерал Тиауак – первый госпиталь с сейсмоизоляцией в Мехико, Мексика**

Цель: сейсмозащита нового госпиталя, построенного на окраине Мехико в районе, где грунт несколько тверже, чем в центре города, но тем не менее требовавший проведения специальных мероприятий по укреплению фундамента. Мехико построен на бывшем озере, и грунт там состоит из глины с очень высоким содержанием воды, что усиливает ударные волны при землетрясении. Поэтому даже землетрясения средней силы вызывают значительные повреждения зданий в городе.

Проект включал в себя: 243 эластомерных изолятора MAURER (MLRB) со свинцовым сердечником. Опорные части рассчитаны на перемещения ± 400 мм. Самые большие опорные части имеют высоту 420 мм, диаметр 850 мм и рассчитаны на нагрузку конструкции 5,100 кН.

> **Мост залива Измит, Турция. Четвертый по величине висячий мост в мире**

Цель: сейсмозащита висящего моста, расположенного в одной из самых активных сейсмических зон мира, поэтому конструкции моста рассчитаны на восприятие усилий, возникающих при землетрясениях магнитудой до 8 баллов.

Проект включал в себя: MAURER разработаны, изготовлены и испытаны конструкции всех четырех деформационных швов: два шва типа DS 28-F с зазором 100 мм, шириной 25,40 м каждый и два шва типа DS 04-F с зазором 80 мм и шириной 30,40 м. В условиях обычной эксплуатации расчетное раскрытие швов может достигать 2,800 мм. Во время сейсмического события с вероятностью повторяемости 500 лет они могут раскрываться до 7,540 мм. Дополнительное сейсмическое перемещение при сейсмике обеспечивается системой Fuse Box.



> **Башня Дунай-Сити. Самое высокое здание в Вене, Австрия**

Цель: гашение колебаний здания высотой 220 м, вызванных воздействием ветра и сеймики для обеспечения необходимого уровня комфортности. Необходимо было снизить ускорения при колебаниях в широком диапазоне нагрузок и частот. Для этого использован динамический гаситель колебаний с подвешенной в виде маятника массой весом 300 тонн.

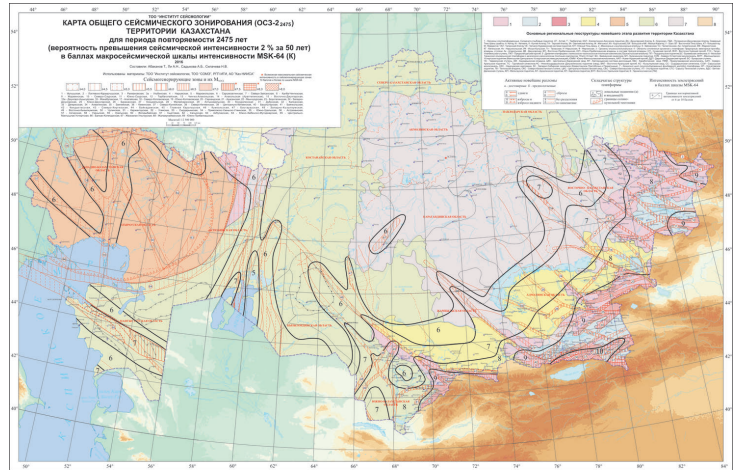
Проект включал в себя: адаптивные гидравлические демпферы MAURER (MHD-A) с ответной реакцией 30–80 кН и перемещений ± 700 мм для демпфирования колебаний маятниковой массы весом 300 тонн с интегрированной системой мониторинга MAURER для контроля перемещений, усилий и ускорения.

> MAURER Seismic Protection Systems Kazakhstan

Как известно, почти треть территории Казахстана находится в сейсмически опасных зонах, а крупнейший мегаполис страны - в «красной» 9-балльной зоне.

ТОО «Maurer Seismic Protection Systems Kazakhstan» с 2023 года является официальным представительством компании MAURER и реализует всю линейку продукции в сфере сейсмостойкого строительства в Республике Казахстан, а также в других странах региона. Мы осуществляем содействие заказчикам на всех этапах реализации проектов с использованием нашей продукции, включая рабочее проектирование, расчеты, консультирование и авторский надзор.

Кроме того, наша компания регулярно проводит обучение по проектированию зданий на сейсмоизоляторах, а также практическому применению Еврокодов.

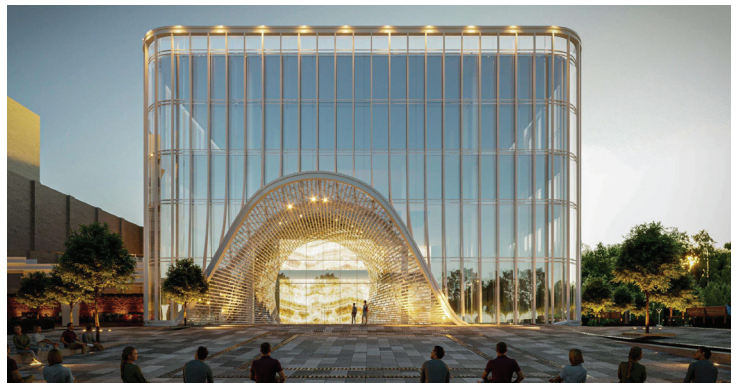


Карта общего сейсмического зонирования территории Казахстана ©Институт сейсмологии



> ЖК «Авеню 32» от VI Group в г. Шымкент

Первый объект в Казахстане, в котором были использованы скользящие изоляторы маятникового типа SIP-D



> Пристройка к зданию «Государственный академический русский театр для детей и юношества имени Н. Сац» с использованием демпферов SHARK

> Этапы реализации проектов с участием компании MAURER

Осуществление расчетов, подбор варианта сейсмоусиления/сейсмозащиты (4 недели)

↓

Разработка в конструкторском бюро в Германии детальных чертежей изделия, их согласование с заказчиком (4 недели)

↓

После согласования соответствующих чертежей производство изделия на заводе в Германии (20 недель)

↓

Обязательные испытания изделия в специализированной организации в Европе в соответствии с нормами Еврокода

↓

После подтверждения соответствия изделия необходимым требованиям отправка груза из Германии в Казахстан (4 недели)

↓

Доставка груза на объект, подписание акта приема-передачи

↓

В соответствии с графиком производственных работ осуществление шефмонтажа изделий представителями компании Maurer (2 дня)

MAURER SE

Frankfurter Ring 193
80807 Munich
PO Box 440145
80750 Munich
Phone +49.89.323 94-0
Fax +49.89.323 94-338
info@maurer.eu
www.maurer.eu

**MAURER SPS
KAZAKHSTAN**

Тел. +7 701 218 2603
info@maurer.kz
www.maurer.kz

German Engineering since 1876

