



# НАДЕЖНАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ КОВШОВЫХ ЭЛЕВАТОРОВ ТЯЖЕЛОГО ТИПА

## Введение

Компания CICSA (Италия), имеющая почти 70-летнюю историю деятельности, специализируется на производстве цепных систем оборудования для транспортировки сыпучих материалов. Благодаря современным технологиям и ноу-хау она стала одним из ведущих производителей цепей на международном рынке.

В качестве тягового элемента в тяжелых ковшовых элеваторах обычно применяются цепи со звеньями из стали круглого сечения. Они обеспечивают долговечность и надежность работы элеватора, устойчивы к воздействию повышенных температур, обладают высокой износостойкостью при работе с коррозионными и высокоабразивными материалами.

В портфолио компании CICSA представлено множество решений для ковшовых элеваторов, включая ступенчатые цепи, однако в сравнении с доступными альтернативами круглозвенные сварные цепи имеют ряд неоспоримых преимуществ, а именно: относительно невысокую стоимость, долговременную бесперебойную эксплуатацию, способность к самоочистке в процессе работы, простоту инспекций. Они практически не нуждаются в техническом обслуживании и могут применяться в составе ковшовых элеваторов для транспортировки сыпучих продуктов самой разной granulометрии, температуры и химической активности.

Данный тип цепной оснастки стал основой при проектировании транспортного оборудования в цементной и иных отраслях промышленности, в энергетике, а также оборудования для золоудаления. В последние годы некоторые крупнейшие производители — включая CICSA, с ее передовым опытом в данной сфере, — усовершенствовали конструкцию тяговых круглозвенных цепей и других элементов ковшовых элеваторов.

Для ковшовых элеваторов сегодня CICSA применяет две основные технологии:

1) для элеваторов с гладкими приводными колесами — ветви с короткими отрезками (цепи типа CICSA DIN764, обычно с тремя, пятью или семью звеньями) с монтажом ковшей при помощи соединительных скоб (рис. 1), или с длинными отрезками, с креплением ковшей на захватах;

2) для элеваторов с зубчатыми приводными колесами — ветви с длинными отрезками (цепи типа CICSA LH) с двухзвенными креплениями или специальными креплениями типа ATS.

Далее кратко рассмотрены основные особенности и отличительные черты обеих технологий.

## 1. Ковшовые элеваторы с гладкими колесами

Элеваторы данного типа стали использоваться в промышленности в начале 1950-х годов. Технология элеваторов с гладкими приводными колесами иногда рассматривается как прародитель технологии элеваторов с зубчатым зацеплением — приоритетного выбора, когда речь заходит о разнообразных применениях, где на первое место выходят требования по скорости, высоте и объему транспортировки. Однако элеваторы с гладкими приводными колесами не обладают какими-либо особыми преимуществами, за исключением того, что их можно применять для решения очень широкого спектра задач. Например, CICSA выпускает компоненты элеваторов, работающих с абразивной пылью, сырьевыми материалами, химически реактивными при температурах от комнатной до 400–500 °С и имеющих производительность от нескольких до 1000 т/ч. Для наиболее мощных элеваторов CICSA применяет цепи 3HS с диаметром сечения звена 36–39 мм (на некоторых заводах — до 42 мм). Неудивительно, что элеваторы с гладкими колесами, вероятно, до сих пор занимают первое место по общему числу единиц этого оборудования, эксплуатирующихся в самых разных отраслях.

Ключевые элементы конструкции ковшвого элеватора, обеспечивающие его транспортную функцию, — это приводные и натяжные колеса, тяговые цепи и устройства крепления ковшей на цепи. Рассмотрим каждый из элементов по отдельности.

### 1.1. Приводные и натяжные колеса.

Пары приводных и натяжных колес обычно крепятся на общем валу при помощи шпоночного соединения, при этом рабочая поверхность колес состоит из сегментов, устанавливаемых по месту при помощи разъемного

болтового соединения. Сегментированная рабочая поверхность колес гладкая, т. е. ее радиус неизменен и у нее нет выступающих элементов. На этой поверхности есть направляющий желоб, благодаря чему звенья тяговой цепи ложатся на нее, чередуясь, в горизонтальном и вертикальном положениях. Помимо центрирования цепи на колесе это также способствует ее очищению от отложенного транспортируемого материала.

Тяговое усилие передается от колеса к цепи за счет возникновения между ними трения. Эффективность передачи усилия практически не зависит от размеров звена цепи, поэтому изменение ее шага в ходе планового износа не отражается на рабочих характеристиках элеватора. Постепенное увеличение шага тяговых цепей становится проблемой при использовании зубчатых колес, поскольку здесь корректное зацепление можно обеспечить только при незначительном изменении шага цепи. Фрикционное зацепление при использовании гладких колес не подвержено этому эффекту. Вместе с тем достаточное трение между приводным колесом и цепью обеспечивается лишь за счет веса транспортных элементов элеватора в совокупности с преднапряжением цепи. Усилие на натяжной станции может достигать существенных значений, что характерно для мощных протяженных элеваторов, однако если высота последних (расстояние между осями приводного и натяжного узлов) становится больше 40–45 м, то дальше увеличивать натяжение, как правило, нецелесообразно.

Традиционная технология предполагает изготовление рабочей поверхности колес в виде двух сегментов-полуокружностей, выполняемых из чугуна. Современный подход, предлагаемый компанией CICSA, основан на массовом производстве легких и высоко-износостойчивых кованых сегментов, составляющих

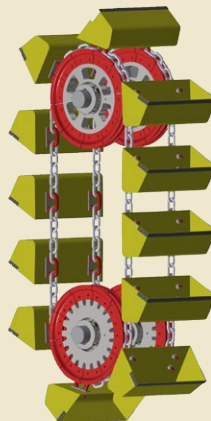


Рис. 1. Ковшовый элеватор с гладкими приводными колесами

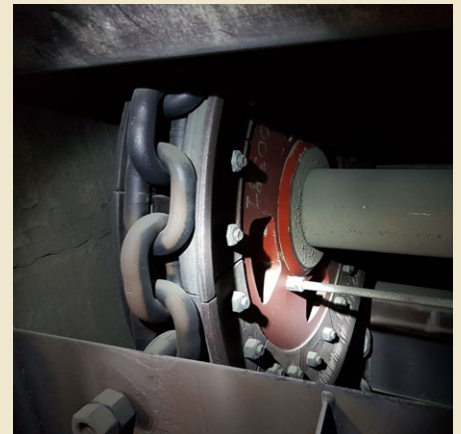


Рис. 2. Колесо типа RLS со сменными коваными сегментами рабочей поверхности

30–45 % окружности и изготавливаемых из хромомолибденовых сталей, которые монтируются на втулку (ступицу) типа RLS (рис. 2). Такая сборка обеспечивает более продолжительную эксплуатацию (в 10 раз дольше в наиболее ответственных применениях) приводного и натяжного узлов в сравнении с узлами, изготавливаемыми по традиционной технологии; снижение стоимости; простоту обслуживания и замены отдельных элементов. Колеса типа RLS особенно хорошо зарекомендовали себя при работе с новейшими цепями CИCСА типов ЗН, ЗНС и ЗНХ.

**1.2. Тяговые цепи.** Качество цепей неуклонно растет год от года. Благодаря достижениям в области материаловедения, химической и температурной обработки сталей сегодня CИCСА может предложить своим клиентам тяговые цепи самого высокого качества (типы ЗНС и ЗНХ), характеризующиеся высокой поверхностной твердостью (800–820 HV) и глубиной цементации вплоть до 15–20 % диаметра прутка звена (эффективная глубина составляет при этом 10–15 % (CHD550 HV1, ISO2639)). Толщина цементированного слоя — важная величина; зачастую ей не придают особого значения, однако при использовании колес с гладкой поверхностью, способных эффективно работать при значительном изменении шага цепи вследствие ее износа, большая толщина твердого слоя будет означать значительно больший срок службы цепи до возникновения необходимости ее замены, более равномерный ее износ и бесперебойную работу элеватора в целом.

Производители цепей активно применяют различные способы повышения поверхностной твердости изделий, но некоторые из этих компаний не уделяют достаточного внимания глубине цементации, теряя при этом возможность значительно увеличить срок службы цепи.

Высокая твердость цепей ЗНС и ЗНХ сочетается с их высокой прочностью на разрыв, значения которой превосходят предел прочности представленных на рынке традиционных продуктов, что делает цепи CИCСА идеальным выбором для тяжелых условий работы.

На рис. 3 приведены профили твердости (ее распределение по глубине образцов) цепей ЗНС и ЗНХ и «среднего» продукта, доступного на рынке. На рис. 4 показан срез звена цепи ЗНХ: здесь можно выделить насыщенный углеродом слой с мелкозернистой структурой и сердцевину с высокой ударной прочностью.

**1.3. Монтажные скобы.** В конструкции ковшовых элеваторов со сварными цепями монтажные скобы выполняют две функции: соединяют отдельные отрезки цепей и крепят ковш к ветви. В этой связи они должны выдерживать и разрывающую нагрузку, и усилия, возникающие при наполнении ковша материалом и перемещении по элеватору. Кроме того, они должны быть устойчивыми к усталостным напряжениям, накапливаемым в ходе штатной эксплуатации элеватора. Поэтому важно, чтобы данные изделия проектировались, изготавливались и монтировались под конкретные условия работы оборудования, особенно при использовании современных материалов класса ЗНС — хромомолибденовых сталей с индукционной закалкой в местах контакта с соседними звеньями цепи.

Для достижения наилучших результатов в этой области CИCСА применяет запатентованную методику обработки C-HARD®, позволяющую добиться высокой твердости поверхностного слоя изделия (800 HV) там, где оно контактирует со звеньями цепи, при сохранении высокой ударной прочности сердцевины. Вкупе с использованием при креплении ковша распорных планок в прецизионном исполнении это гарантирует длительную бесперебойную работу оборудования.

В качестве альтернативного решения CИCСА предлагает специализированные зажимные крепления АТS (рис. 5), монтируемые на длинные ветви: в этом случае крепление несет лишь нагрузки от работы ковша. Такой вариант позволяет использовать в конструкции элеватора и гладкие, и зубчатые приводные колеса (последние обладают рядом потенциальных преимуществ, описанных далее).

Такая универсальность объясняет растущую популярность данного решения для элеваторов средней и высокой производительности.

## 2. Ковшовые элеваторы с зубчатыми колесами

Элеваторы с максимальной производительностью и скоростью транспортировки обычно оснащают зубчатыми приводными колесами. В отличие от конструкций с гладкими колесами, функционирующих исключительно благодаря фрикционному зацеплению, зубчатое колесо передает усилие за счет прямого механического зацепления и исключает необходимость преднатяжения цепи, что снижает оказываемую на нее механическую нагрузку. Кроме того, элеваторы с зубчатыми колесами могут работать при более высоких скоростях движения цепи (около 1,5 м/с против типовых 1,3 м/с в случае гладких колес).

Отметим ряд успешных случаев применения в последние годы для транспортировки клинкера и сырьевой муки тяжелых элеваторов с цепями CИCСА LH Ø 30 и 38 мм.

Основные элементы конструкции ковшового элеватора, от состояния которых зависит его нормальное функционирование, — это приводные и натяжные колеса, ветви цепей и соединительные звенья, крепления ковшей.

### 2.1. Приводные и натяжные колеса.

Пример приводного зубчатого колеса из линейки продукции CИCСА показан на рис. 7. Колесо включает в себя ступицу, обеспечивающую его закрепление на приводном валу; по ободу колеса установлен сдвоенный фланец, в котором выполнены монтажные отверстия для крепления зубьев. Зубья изготавливаются из специальных износостойчивых сплавов, проходят поверхностную закалку до твердости, соответствующей твердости тяговой цепи, и закрепляются между фланцами при помощи болтов, что гарантирует легкую замену при необходимости.

Натяжные колеса имеют гладкую рабочую поверхность, их конструкция была рассмотрена в разделе 1.

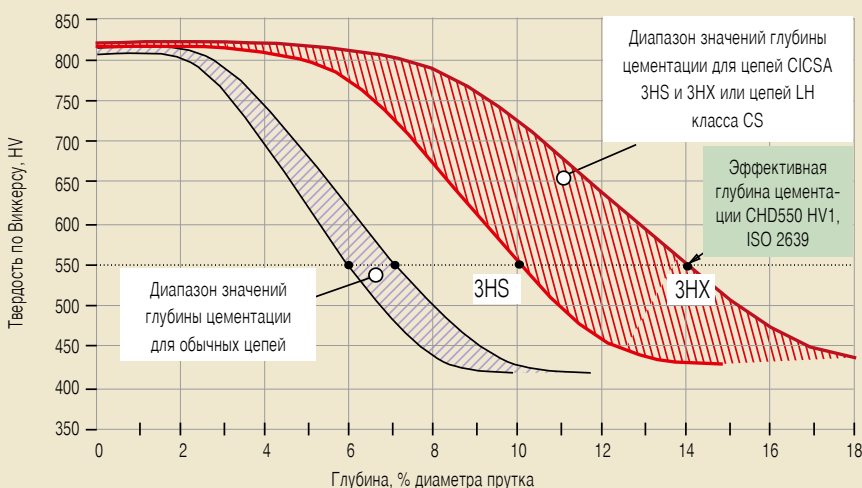


Рис. 3. Профиль твердости по толщине изделий для «традиционных» цепей и цепей ЗНС и ЗНХ



Рис. 4. Срез звена цепи ЗНХ диаметром 26 мм



Рис. 5. Подвес ковша на креплениях типа ATS



Рис. 6. Элеватор с цепями CISCА LH-C Ø 30 мм, предназначенный для транспортировки горячей сырьевой муки с температурой 200 °С с производительностью 600 т/ч при скорости движения цепей 1,5 м/с



Рис. 7. Зубчатое приводное колесо для сварных круглозвенных цепей CISCА

Для продления срока службы цепи по мере ее износа и сопутствующего увеличения шага цепи на приводное колесо можно установить зубья большего калибра. Такой подход оправдан, когда шаг цепей увеличивается в ходе эксплуатации более чем на 2–3 % (после нескольких десятков тысяч рабочих часов), в результате чего появляются вибрации и отмечается нестабильность в работе привода.

Кроме того, поскольку изделия CISCА имеют зубья симметричного профиля и могут монтироваться с переворотом, старый комплект зубьев можно использовать повторно для работы с новым комплектом цепей до тех пор, пока шаг цепи вновь не превысит заданное пороговое значение. Опираясь на данные об условиях работы и характеристиках оборудования, CISCА помогает своим клиентам оценить возможности такой замены в каждом конкретном случае. Зачастую это позволяет продлить срок эксплуатации существующей оснастки на несколько тысяч часов без угрозы для безопасности работы оборудования.

**2.2. Ветви цепи и соединительные звенья.** Использование самых современных материалов и оборудования позволяет CISCА производить высококачественные цепи (типов LH-B, LH-C, LH-CS), отличающиеся высокой поверхностной твердостью (820–830 HV) и глубиной цементации до 12–15 % при ее эффективной глубине 9–12 % (CHD550 HV1, ISO 2639, см. рис. 8). Лишь достаточная глубина цементированного слоя гарантирует возможность продолжать безопасную эксплуатацию цепей при постепенном изменении шага, что особенно критично при реализации описанной выше методики продления срока эксплуатации цепей с использованием зубьев большего размера.

При использовании зубчатого зацепления на приводных колесах цепи монтируются длинными ветвями и соединяются при помощи нескольких соединительных звеньев. На рис. 9 показаны соединительные звенья с плоскими пластинами (серый цвет), соединяющие концевые звенья цепи (зеленый цвет).

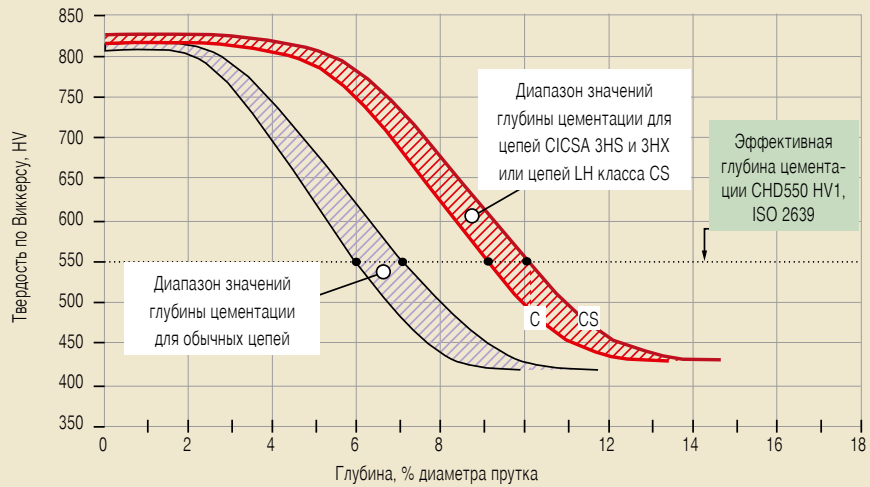


Рис. 8. Профили твердости по толщине звеньев цепей типа CISCА LH для ковшевых элеваторов с зубчатыми приводными колесами

**2.3. Крепления ковшей.** Шаг крепления ковшей выбирается исходя из требований производства. Ковши крепятся на цепях (уже после установки последних, что упрощает монтаж) при помощи шпилек, вставляемых непосредственно в звенья цепи и отверстия приваренного к ковшу крепления (рис. 9), либо при помощи специальных зажимов системы ATS (см. рис. 5).

### Закключение

От правильного выбора тяговых цепей зависят надежность и безотказность эксплуатации тяжелых цепных транспортирующих устройств, работающих в трудных условиях эксплуатации, а также с высокоабразивными,

коррозионно-активными материалами и материалами, нагретыми до высоких температур. Специализированные продукты CISCА отличаются долговечностью и обеспечивают длительный срок службы и безотказную работу ковшевых элеваторов. Специалисты компании готовы оказать помощь в проектировании нового, а также переоснащении и модернизации существующего транспортирующего оборудования с применением передовых технических решений, описанных в данной статье.

Продукция CISCА поставляется более чем в 60 стран мира, в том числе на предприятия крупнейших производителей цемента, включая HeidelbergCement, LafargeHolcim, Cemex и др.

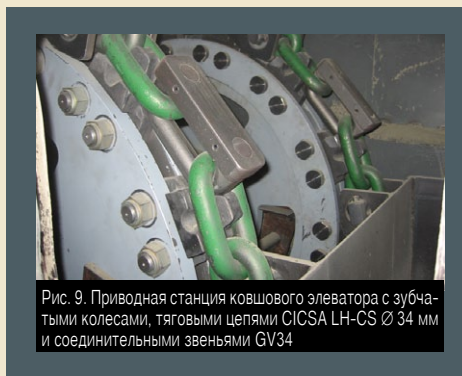


Рис. 9. Приводная станция ковшевого элеватора с зубчатыми колесами, тяговыми цепями CISCА LH-CS Ø 34 мм и соединительными звеньями GV34

**CISCА s.r.l.**  
Via dell'Industria 2, Beverate di Brivio(LC),  
23883 Italy  
Tel.: +39 039-5320739  
E-mail: [cicsa@cicsa.com](mailto:cicsa@cicsa.com)  
[www.cicsa.com](http://www.cicsa.com)