СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....3
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ.....5
1.1 Описание предприятия.....5
1.2 Развитие эскалаторостроения.....6
1.3 Особенности эскалаторостроения.....11
1.3.1 Назначение и область применения эскалаторов.....11
1.3.2 Обозначение и классификация эскалаторов.....11
1.4 Маркетинговый анализ.....13
1.5 Вывод по главе.....14
2. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭСКАЛАТОРОВ.....15
2.1 Устройство эскалатора.....15
2.2 Квалиметрический анализ тоннельных эскалаторов.....19
2.2.1 Исследуемые объекты.....20
2.2.2 Сравнительные характеристики исследуемых типов эскалаторов.....22
2.2.3 Формирование номенклатуры показателей назначения и показателей качества.....24
2.2.4 Оценка надежности, безопасности, эргономических и эстетических показателей качества экспертным методом.....28
2.2.5 Определение весовых коэффициентов.....31
2.2.6 Расчет относительных показателей качества.....34
2.2.7 Методы оценки качества.....37
2.2.8 Вывод по квалиметрическому анализу.....43
2.3 Особенности эскалатора ЭТХ.....44
2.4 Диаграмма Исикавы.....48
2.5 FMEA-анализ эскалатора «ЭТХ».....50

2.6 Предложения по улучшению качества эскалатора ЭТХ.....69
2.7 Вывод по разделу.....72
3. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ.....73
3.1 Проект аварийного тормоза.....73
3.2 Устранение смещения настила ступени.....78
3.3 Замена привода.....79
3.4 Вывод по разделу.....85
СИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....87

ВВЕДЕНИЕ

Последнее десятилетие XX века стало наиболее плодотворным для мирового эскалаторостроения. Планка мирового технического уровня в отрасли поднялась на новую высоту. С каждым днем различные фирмы по производству эскалаторов стараюися усовершенствовать свою конструкцию, подкупая потребителей новизной.

В конце 90-х годов в российском эскалаторостроении всерьез задумались о решении создания эскалатора, который будет отличаться от отечественных своей улучшенной системой.

Идея создания эскалатора типа «ЭТХ», сконструированного по проекту Виктора Христича, состояла в резком повышении пропускной способности. Главному конструктору пришла идея создания нового эскалатора, сочетающего в себе приемущества традиционной и модульной конструкции, которая заменяет использование многоприводной системы. Конструктивное отличие эскалатора «ЭТХ» от традиционных советских эскалаторов, обеспечивается за счет переноса основных тяговых частей лестничного полотна и единственного главного привода в наклонную часть эскалатора. Такая система изменила диаграмму натяжения тяговых цепей, обеспечив тем самым снижение коффициента усилия и самое важное- экономию в простанстве.

Вместо привычного расположения 3-х эскалаторов, установка 4-х оказалась приемлемой, но безуспешной.

С начала марта 2009 года на одной из центральных станций метрополитена запустили новые эскалаторы «ЭТХ». Но спустя некоторое время пассажиры большого пересадочного узла Петербургского метрополитена- «Спасская» - «Сенная площадь» - «Садовая» - оказались в исключительно неудобном положении. Из четырех эскалаторов работал только один. Эскалаторы не смогли работать как положено. И причина этому лежала в качестве исполнения конструкции. Основная проблема эскалаторов «ЭТХ» в

том, что конструкторское решение изменено коренным образом, и в следствии чего требует особого внимания.

Мировое эскалаторостроение стоит в рамках большой конкуренции. Западные фирмы для удержания лидирующих позиций ежегодно только на исследовательские работы тратят более 100 миллионов $ США. В таких условиях российскому эскалаторостроению необходимо делать большой акцент на качестве изготовления продукции, постоянно улучшая его.

В ходе дипломного проекта, основной целью работы является совершенствование процесса функционирования тоннельного эскалатора.

1. Анализ деятельности предприятия
2. Анализ конструкции тоннельного эскалатора
3. Разработка мероприятий по повышению качества функционирования эскалатора «ЭТХ»

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1 Описание предприятия

Завод "Универсалмаш" до ноября 1992 года был структурным подразделением (Производство спецмашин № 3) государственного предприятия "Кировский завод". В связи с акционированием Кировского завода с 5 ноября 1992 года стал называться "Завод Спецмашин" АООТ "Кировский завод". 2 октября 1995 года переименован в ЗАО "Завод " Универсалмаш " - дочернее общество ОАО " Кировский завод".

В ходе проведения конверсии, начиная с 1992 года, на уникальном оборудовании с гибкой технологией освоен выпуск машин высокой проходимости двойного назначения на колесном, гусеничном и колесно-гусеничном ходу, нашедших широкое применение в дорожном строительстве, нефтегазодобывающем комплексе.

Для нужд ОАО "Газпром" освоен выпуск специальных машин на гусеничном и колёсно-гусеничном шасси, для использования в условиях труднопроходимой местности и районах Крайнего Севера. Возможно агрегатирование данных шасси с различными вспомогательными устройствами, расширяющими область их использования.

Предприятие располагает современной производственной базой, позволяющей производить и ремонтировать любую колесно-гусеничную технику, предназначенную для работ в дорожном строительстве, нефте- и газодобывающей промышленности.

В 2006 году освоен выпуск тоннельных эскалаторов, которые превосходят по своим характеристикам продукцию российских производителей, и соответствует всем нормам безопасности.

В 2007 году предприятием создан уникальный эскалатор ЭТХ 3/75, имеющий принципиальные отличия от ранее выпускавшихся изделий. Это новое оборудование предназначено для установки в подводном музее города Чунцын, КНР на глубине 40 метров. На данный момент эскалаторы прибыли к

месту установки и ведется подготовительная работа по организации монтажных работ.

В 2007 году ЗАО "Завод "Универсалмаш" заключило контракт с ГУП "Петербургский Метрополитен" на изготовление 8 тоннельных эскалаторов ЭТХ, для пересадочного узла станции "Площадь Мира-I"I - Станция "Сенная" и станции "Площадь Мира-II" - станция "Садовая". В настоящее время изготовление контрактного оборудования завершается и эскалаторы подготавливаются к отгрузке на строительную площадку.

Заложенные в конструкцию эскалаторов инновационные решения обеспечивают значительные преимущества перед существующими в настоящий момент образцами техники. Благодаря удобству эксплуатации, надежности конструкции и безопасности эскалатор ЭТХ 3/75 строит будущее рынка эскалаторов России.

Сегодня продукция ЗАО "Завод "Универсалмаш" востребована во многих отраслях нефтедобычи и сейсморазведки. Потребителями являются предприятия концерна ОАО "Газпром", ОАО "Российские железные дороги", , А с недавнего времени, после освоения производства тоннельных эскалаторов, одним из основных потребителей является ФГУП "Петербургский метрополитен".

1.2 Развитие эскалаторостроения

9 августа 1859г. Натан Эймс из Массачусетса получил первый патент на изобретение «непрерывной лестницы». Почти сорок лет «зрели» технологии для реализации увлекательной идеи непрерывного перемещения людей между этажами зданий. И как только Джесси В. Рено (Jesse W. Reno) в 1896 г на пирсе Кони-Айленда в Нью-Йорке продемонстрировал миру наклонный пассажирский конвейер, произошел качественный скачок.

На Всемирной Парижской выставке 1900 г. было представлено 29 аналогичных подъемников, в их числе машина, изготовленная лифтовой компанией «Otis» по проекту Чарльза Д. Зеебергера (Charles D.Seeberger),

названная конструктором необычным словом эскалатор, происходящее от латинского языка: scala – лестница, и elevator – поднимающий.

Позднее эскалатор был установлен в филадельфийском универсальном магазине фирмы «Гимбел», где эксплуатировался до 1938.

Через несколько лет «Otis» выкупил патент и все права на изобретение. Термин «эскалатор» почти на полвека стал эксклюзивным товарным знаком фирмы «Otis Elevator», вплоть до 3 апреля 1950, когда патентное ведомство США постановило, что эскалатор это название подъемно-транспортного устройства.

Уже до первой мировой войны новинкой охотно пользовались крупные универсальные магазины Франции, Англии, США.

В метро первые эскалаторы были установлены в 1911 г на Лондонской линии Пикадилли. И уже к 1930 году самый высокий эскалатор лондонского метрополитена имел высоту подъема 21 м.

В России об эскалаторах впервые задумались в 1932г. Первая линия Московского метро проходила на глубине от 10 до 30 м. Стало ясно, что в условиях метрополитена без эскалатора не обойтись.

Переговоры о поставках эскалаторов с немецкой фирмой «Karl Flohr» и Лондонским отделением «Otis» оказались безрезультатными: крупные фирмы за поставку эскалаторов для первой очереди Московского метро запросили 4 млн. рублей золотом. После этого Сталин дал судьбоносную команду - ориентироваться на собственные силы, под девизом: «Нет таких крепостей, которых не взяли бы большевики!», что и стало толчком развития отечественного эскалаторного строения.

В феврале 1934 года Метрострой заключил договоры с ленинградским заводом “Красный металлист” на изготовление 18 эскалаторов и с московским заводом «Подъемник» на изготовление 6 эскалаторов. Срок сдачи первых машин - февраль 1935 года.

Узнав о таком повороте дел, директор фирмы «Otis» обратился к председателю Моссовета с предостережением: «Ваши специалисты – способный народ. Но эскалаторы чрезвычайно сложное дело, и им с этим делом не справиться. Даже мы, с нашим тридцатилетним опытом, не возьмемся выполнить заказ в такие сроки. Я, как друг Советского союза, обязан вас предупредить, что сроки пуска метро могут быть сорваны».

Задача действительно была трудной, во многих отношениях - на грани авантюры даже с позиции современного производства.

Но сомнения оказались напрасными. Конструкторы «Красного металлиста» выполнили свое задание, и 6 февраля 1935г. работа первого эскалатора «Н-30» была продемонстрирована делегатам Всесоюзного съезда советов. Эскалатор достойно работал.

Успешно справился со своей задачей и завод «Подъемник», изготовивший эскалаторы «Э-12» высотой 10 м для станции «Охотный ряд». И уже в мае 1935 года состоялся торжественный пуск первой очереди метрополитена - все эскалаторы были запущены под пассажирскую нагрузку.

Более перспективной оказалась конструкция эскалаторов «Н-30», последующие заказы пошли в Ленинград. Меньше чем за три года «Красный металлист» изготовил эскалаторы «Н-20» – высотой 12 и 20 м. и «Н-40» – высотой 40 м. для второй очереди Мосметрополитена.

В мае 1942 г. ранее изготовленные узлы эскалаторов, документацию, некоторое оборудование и специалистов завода «Красный металлист» из блокадного Ленинграда удалось эвакуировать в Подмосковье. В г. Черкизове на заводе №5 Метростроя была налажена сборка эскалаторов третьей очереди Московского метро. Машиностроительный завод в г. Перово продолжил выпуск эскалаторов «Н-10» и «Н-40». Здесь в 1951г. при участии специалистов Всесоюзного научно–исследовательского института подъемно-транспортного машиностроения (ВНИИПТМАШ) разработали и поставили эскалаторы высотой 14, 40 и 50 м. для четвертой очереди Мосметрополитена, позже высотой 55 м. для Киевского метрополитена и высотой 5 м. – для зданий.

С тех пор эскалаторы в СССР подразделялись на два типа: «тоннельные» - для метрополитенов и «поэтажные» – для зданий.

После Великой Отечественной войны, возобновилось строительство метрополитена в Ленинграде. Но из-за полноводной Невы метростроителям пришлось опуститься на глубину до 65 м. Снова пригодился опыт «Красного металлиста», который разработал и изготовил эскалаторы «ЛТ-1» - ленинградский тоннельный для первой линии метрополитена, введенной в строй в 1955г.

Конструкторское бюро завода росло и в октябре 1959г. получило союзный статус «Специализированного конструкторского бюро эскалаторостроения (СКБЭ)». Одновременно «Красный металлист» был слит с соседним заводом им. И.Е. Котлякова (объединение «Эскалатор») с целью начать серийное производство эскалаторов ряда «ЛТ» для двух действующих и 12 проектируемых на тот момент метрополитенов СССР.

Заказчики получили возможность оперативно приобретать эскалаторы нужной высоты.

В 1960-е годы производство поэтажных эскалаторов и тяговых цепей для эскалаторов всех типов было передано на Стахановский машиностроительный завод.

В конце 80-х годов СКБЭ представляло собой мощную организацию с высоким инженерным потенциалом, современной вычислительной техникой, великолепным патентно-информационным фондом, хорошо оснащенным опытным производством и экспериментальной базой. В распоряжении экспериментального отдела имелись стенды для ресурсных испытаний ступеней, тяговых цепей, редукторов, других узлов и ответственных деталей эскалатора, уникальный компьютерный комплекс для снятия электромеханических характеристик эскалатора во время грузовых испытаний на станциях метрополитенов.

Помимо эскалаторов, построенных по классической схеме, были разработаны проекты эскалаторов с гидроприводом, шнековым и реечным приводами, с переменным углом наклона для аэропортов и судовых доков, модульные эскалаторы высотой до 100 м, ленточные и пластинчатые пассажирские конвейеры. Активно велась патентная защита новых идей и технических решений. Но уже тогда стало очевидно – монополия, обеспечивавшая ускоренное развитие эскалаторостроения в 30-е и послевоенные годы, превращается в тормоз. Общая ситуация в экономике СССР как в зеркале отразилась в эскалаторостроении – оборудование изнашивалось и ветшало, внедрение новых технологий растягивалось на долгие годы, перспективные разработки все чаще отправлялись сразу на полку. «Телега оказалась впереди лошади» - конструкторы потеряли возможность действовать творчески, их решения стали диктоваться устаревшими оборудованием и технологиями, в производство шло только то, что возможно было изготовить на заводе им. Котлякова.

Итог советскому эскалаторостроению подвел кризис «перестройки». С 1935 по 1991 год в СССР изготовлено около 1500 тоннельных и 600 поэтажных эскалаторов с географией поставки – республики СССР, страны социалистического лагеря, Финляндия.

Сегодня, ситуация изменилась коренным образом: нет больше СКБЭ; ВНИИПТМАШ отошел от эскалаторной тематики; прекращены научные исследования и опытные разработки, без которых движение вперед невозможно в принципе; оставшихся конструкторов (самым молодым уже за 50 лет) можно пересчитать по пальцам; техническая литература по эскалаторной тематике стала раритетной и не отражает реалий сегодняшнего дня. Единственному выходцу из существовавшего тогда еще СКБЭ удалось восстановить эскалаторное производство в России. С 1988 года основным направлением деятельности компании «Конструктор» являются конструкторские работы в области подъемно-транспортного оборудования и специального машиностроения. Главный конструктор Виктор Христич сумел реализовать

проект нового улучшенного эскалатора «ЭТХ» и выиграл тендер в сотрудничестве с предприятием на установку эскалаторов пересадочного узла петербургского метрополитена. На смену классическим эскалаторам пришел новый улучшенный эскалатора «ЭТХ», качество которого предстоит оценить.

1.3 Особенности эскалаторостроения

1.3.1 Назначение и область применения эскалаторов

Основное преимущество эскалаторов - их высокая производительность, около 10000 - 14000 человек в час, при ширине эскалаторного полотна 1 м. Эскалаторы предназначены для транспортировки под углом 30 - 35°, тем самым, обеспечивая наиболее рациональное соотношения размеров ступени определенной высоты и глубины (площадки), схема эскалатора представлена в приложении Б.

На величину производительности эскалатора влияет скорость входа пассажиров на эскалатор и скорость движения эскалатора, которая составляла на первых эскалаторах 0,75…0,77 м/с.

В связи с ростом населения, возникает главная проблема общественного транспорта. Наиболее популярным видом транспорта в многомиллионных городах являются метрополитены с большими скоростями и интенсивностью движения поездов, что требует применения высокопроизводительных подъёмно-транспортных машин.

1.3.2 Обозначение и классификация эскалаторов

Различают эскалаторы стационарные и передвижные. Стационарные эскалаторы разделяются на эскалаторы сооружений и эскалаторы зданий или поэтажные. К сооружениям относятся метрополитены, подземные и наземные уличные переходы и т.п. Передвижные эскалаторы могут быть самоходные и буксируемые, предназначенные для посадки пассажиров с аэродрома в самолёты.

Эскалаторы сооружений отличаются от эскалаторов зданий и передвижных эскалаторов большей высоты, которая составляет до 65 м,

большей производительностью и расположением машинного помещения. При условии разработки соответствующих погрузочно-разгрузочных устройств могут применяться эскалаторы специальной конструкции в качестве грузовых и грузопассажирских машин. При погрузке и разгрузке вручную пассажирские эскалаторы можно использовать в качестве грузовых.

Существуют эскалаторы следующих типов:

- Тоннельные эскалаторы Э-1
- Тоннельные эскалаторы Н-10, Н-20, Н-30, Н-40
- Тоннельные эскалаторы Н-40(М), ЭМ-1,ЭМ-4, ЭМ-5, ЭМ-5.5
- Поэтажные эскалаторы Э3-5
- Тоннельные эскалаторы ЛТ-1, ЛТ-2, ЛТ-3, ЛТ-4, ЛТ-5
- Поэтажные эскалаторы типа ЛП-6
- Тоннельные эскалаторы ЭТ-2 , ЭТ-3, ЭТ-4, ЭТ-5; ЭТ-2М , ЭТ-3М, ЭТ-4М, ЭТ-5М
- Поэтажные эскалаторы типа ЭП
- Поэтажные эскалаторы типа ЛП и ЭП (по проекту СКБЭ)
- Тоннельные эскалаторы ЕТ (усиленный вариант эскалаторов Э Т с проектной высотой до 75м);
- Поэтажные эскалаторы типа Е600 с высотой подъема до 6 м, Е900 с высотой подъема до 9 м.
- Поэтажные эскалаторы с высотой подъема от 3 до 9 м, ЭП-30 - для магазинов, ПЛ - для транспортных узлов
- Поэтажные эскалаторы и пассажирские конвейеры на основе импортных комплектующих
- Поэтажные ЭПХ высотой подъема от 3 до 9 м;
- Тоннельные ЭТХ высотой подъема от 3 до 75 м;
- Конвейеры КХ с углом наклона от 0 до 12 град

1.4 Маркетинговый анализ

Рынок эскалаторов делится на два примерно равных сегмента - метрополитен и общественные здания (магазины, вокзалы, аэропорты). При

этом наибольшая доля приходится на поэтажные эскалаторы, тоннельные эскалаторы занимают значительно меньшую долю.

Основными конкурентоспособными предприятиями на российском рынке являются:

- ЗАО «Латрэс»;
- ЗАО «ЭЛЭС».
- ЗАО «Универсалмаш»;

В структуре импортных поставок эскалаторов на российский рынок (с точки зрения страны происхождения), наибольшую долю (в натуральном выражении) занимает Китай (92%).

В условиях мирового эскалаторостроения российские предприятия уступают зарубежным в конкурентной борьбе.

ЗАО «ЭЛЭС», более крупное из двух оставшихся после распада в результате приватизации машиностроительного завода им. И.Е. Котлякова эскалаторных производств, продолжает ориентироваться на разработки социалистических времен, новое проектирование сведено фактически к модернизации старых конструкций, чему в немалой степени способствует сохраняющаяся монополия (теперь уже негосударственная) на производство тоннельных эскалаторов.

ЗАО «ЛАТРЭС» – российский изготовитель поэтажных эскалаторов в полной мере ощутил давление рынка - невозможно сегодня конкурировать с высокотехнологичными зарубежными производствами, ориентируясь на устаревшие конструкции и технологии. Фирма ищет выход в более широком применении более качественных импортных комплектующих (приводов, тяговых цепей со встроенными бегунками, ступеней).

Вектор развития мирового эскалаторостроения направлен на создание компактных, высокотехнологичных конструкций, ориентированных на крупносерийное производство. Только в этом случае можно достичь высокого качества, применять дорогостоящие технологии и получать сравнительно

дешевые изделия (фирме ЛАТРЭС, например, оказалось выгоднее покупать литые алюминиевые ступени за тысячи километров в Китае, чем у своего соседа ЭЛЭС, расположенного в ста метрах).

Высотный диапазон зарубежных эскалаторов ограничен в основном показателем 15-20 м. «Высоких» машин единицы. За их производство фирмы берутся не очень охотно, стараются и в этом случае использовать традиционные решения и технологии. Самые высокие эскалаторы: в Европе - 43,6 м (TsyssenKrupp, выполнен по традиционной схеме поэтажных эскалаторов); в Азии – 42 м (Mitsubishi, модульный (многоприводной) эскалатор с 10 приводами – нонсенс с точки зрения эскалаторных служб наших метрополитенов).

1.5 Вывод по главе

Таким образом, в данной главе мы познакомились с предприятиями по изготовлению эскалаторов, а так же заглянули в историческую часть всеобщего эскалаторостроения. Рассмотрели особенности построения и разобрались, с их классификацией. Произвели маркетинговый анализ основных предприятий занимающихся эскалаторами. В следующей главе будут рассмотрены конструктивные особенности эскалаторов.

2. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭСКАЛАТОРОВ

2.1 Устройство эскалатора

Главный привод

Главный привод эскалатора предназначен для передвижения лестничного полотна с эксплуатационной скоростью 0,75 м/с. Привод состоит из главного электродвигателя, муфты с рабочими тормозами, быстроходного редуктора, главного вала эскалатора вместе с тяговыми звездочками и аварийным тормозом.

Вспомогательный привод эскалатора предназначен для передвижения лестничного полотна с ремонтной скоростью 0,04 м/с при монтажных и демонтажных работах, а так же при растормаживании аварийного тормоза.

Тормозная система

Тормозная система состоит из рабочего и аварийного тормоза. Рабочий тормоз нормально-замкнутого действия установлен на входном валу редуктора и действует при каждом отключении главного и вспомогательного привода, а также при обесточивании цепи управления.

Эскалатор оборудован автоматически действующим аварийным тормозом, расположенным на главном приводном валу. Аварийный тормоз должен остановить эскалатор, работающий на спуск, в случае увеличения скорости лестничного полотна на 30% и более от номинальной скорости, а также при самопроизвольном изменении направления движения лестничного полотна, работающего на подъем эскалатора и при отказе рабочего тормоза.

Лестничное полотно

Лестничное полотно состоит из большого количества ступеней, представляющих собой тележки на четырех колёсах, движущихся по направляющим путям (трассе). С обеих сторон ступени соединены между собой цепями. Ступени крепятся к цепям полым шарниром цепи, надетым на цапфу оси ступени. Таким образом, ступень шарнирно связана с цепью, может вращаться на оси и, следовательно, принимать любое положение на оси относительно цепи в вертикальной плоскости в зависимости от конфигурации трассы направляющих путей. Шарнирное крепление ступеней позволяет

лестничному полотну образовать на входе и выходе с эскалатора горизонтальные площадки, удобные для пассажира.

Для безопасности входа на эскалатор и выхода с него горизонтальная поверхность ступеней имеет настил с выступающими гребнями, расположенными на равном расстоянии одна от другой. Ступень имеет вертикальные выступы и впадины, которые в сочетании с выступами и впадинами настила образуют лабиринт. На входе и выходе с эскалатора предусмотрены неподвижные наклонные площадки с зубцами, которые попадают в промежутки между гребнями настила ступеней. Такое устройство обеспечивает безопасный переход пассажира с эскалатора в вестибюль.

Балюстрада

Рабочая ветвь лестничного полотна и поручней отделена от механизмов и металлоконструкций эскалатора прочной жёсткой гладкой и трудно сгораемой облицовкой - балюстрадой. Конструкция балюстрады легко разборная в местах, требующих технического обслуживания. Перепады плоскостей между элементами балюстрады со стороны лестничного полотна более 3 мм не допускается. Стыки фартуков не должны иметь перепадов более 0,5 мм и должно быть исключено их взаимное смещение.

Поручневое устройство

По обеим сторонам эскалатора на балюстраде устроен движущийся поручень. Скорость движения поручня не должна отличаться от скорости движения ступеней более чем на 2%.

Поручень представляет собой С - образный профиль.

Блокировочное устройство

Эскалатор оборудован блокировочными устройствами, отключающими электродвигатели с остановкой лестничного полотна при:

- обрыве, чрезмерной вытяжке или остановке поручня,
- перемещении одной или двух звездочек каретки натяжной станции в сторону привода или в обратную сторону более 30 мм.,

- отвинчивании гайки или выходе винта аварийного тормоза.
- срабатывании рабочего или аварийного тормозов,
- запасе хода якоря электромагнита рабочего тормоза менее регламентированного,
- подъеме входной площадки,
- воздействия на устройство «стоп» в любом месте прохода между эскалаторами или за щитами балюстрады, а также на выключателе «стоп»,
- подъеме или опускании ступеней перед входными площадками,
- сходе поручня с направляющих на нижнем криволинейном участке,
- отключении электропитания работающего эскалатора рубильником,
- обрыве или чрезмерной вытяжки приводной цепи.

Аппараты управления

Для осуществления пуска главного и вспомогательного привода служат аппараты управления эскалатором.

Для необходимой плавности системы управления эскалатора обеспечивают ускорение: - в начальный момент пуска - 0,68 м/с^2, - в процессе разгона - 0,75 м/с^2.

Для пуска под нагрузкой и остановки эскалатора у верхней и нижней входных площадок установлен пульт управления.

Эскалаторы могут быть оборудованы пультами дистанционного управления, находящимися как в зоне расположения эскалатора, так и вне её.

Для управления вспомогательным приводом эскалатора предусмотрены стационарные пульты управления, установленные вблизи главного вала, а также переносные пульты управления и штепсельные розетки для их подключения и стационарные кнопки пуска на подъем и на спуск, установленные на металлоконструкции у аварийного тормоза.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили эскалаторы, в которых ступени, соединенные тяговыми цепями, образуют бесконечное лестничное полотно, сформированное в лестницу на наклонной части рабочей ветви и горизонтальные участки на выходе.

Главный вал с приводными звездочками, без которых невозможно надежное соединение между деталями механизмов, может устанавливаться:

на верхнем поворотном участке трассы движения лестничного полотна (традиционная схема);

- в нижней части наклонного участка;
- в нескольких местах трассы в многоприводной схеме;
- в верхней части наклонного участка.

Схемы расположения приводов и диаграммы натяжения тягового органа для перечисленных конструктивных схем приведены на рисунке 1.

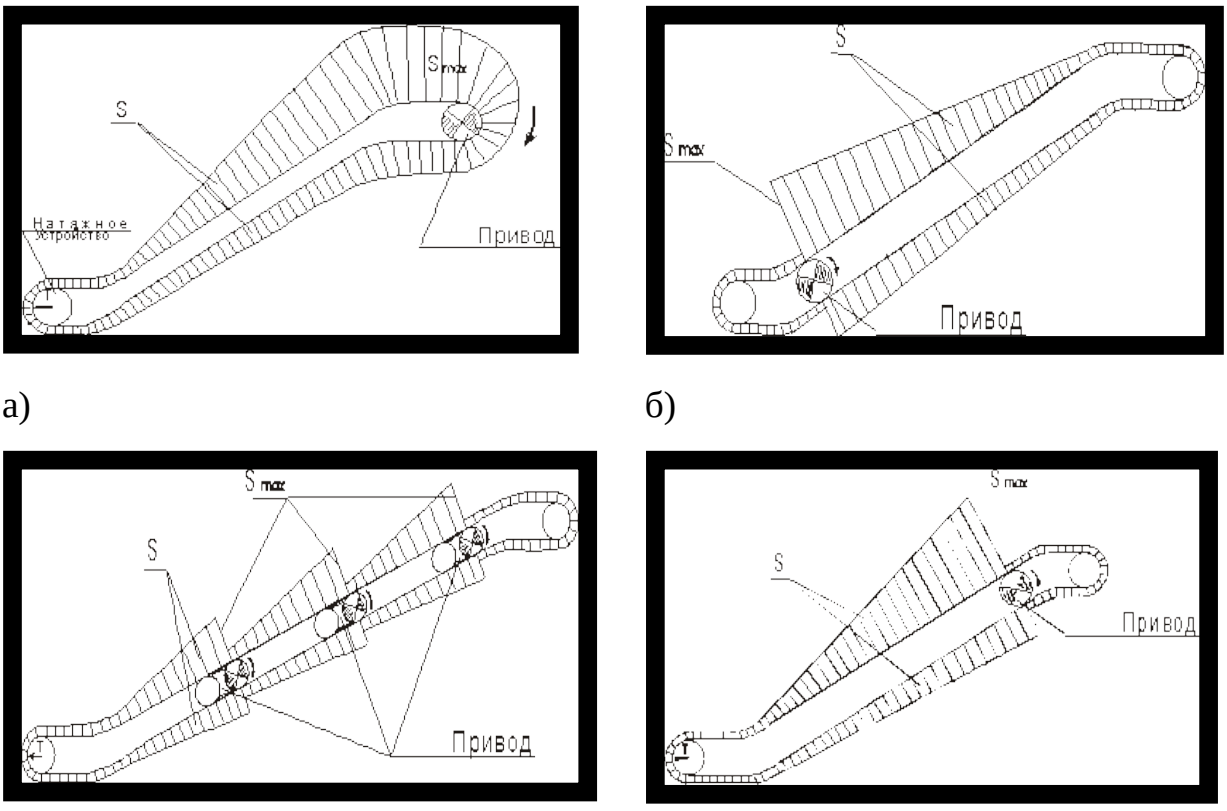


Рис. 1 - Диаграммы усилий в тяговом органе при различных схемах размещения привода эскалатора

а) традиционная схема, характерная для подавляющего большинства конструкций эскалаторов ; б) толкающая схема, характерная для эскалаторов Германии; в) многоприводная схема; г) схема эскалатора ЭТХ.

Долгие годы традиционная схема устройства эскалатора не имела альтернативы. Однако многолетняя практика эксплуатации этих машин предложила свои инновации, которые обсудим в рамках предложений по улучшению качества эскалатора.

2.2 Квалиметрический анализ тоннельных эскалаторов

Традиционно эскалаторостроение наших стран базируется на общих теоретических положениях, совместном опыте эксплуатации эскалаторов и сегодня имеет одинаковые стартовые позиции для дальнейшего развития.

Задача повышения качества продукции в настоящее время стала одной из главных как в нашей стране, так и за рубежом.

Для того чтобы улучшить качество, нужно, прежде всего, уметь его количественно определять, так как применение численных методов – одна из важнейших предпосылок правильности принимаемых управленческих решений.

В данном разделе дипломного проекта проведем квалиметрический анализ четырех типов эскалаторов.

Квалиметрия – научная область, объединяющая методы количественной оценки качества различных объектов. Оценка уровня качества необходима для определения лучшего по различным показателям.

С помощью квалиметрического анализа оценим качество эскалаторов. Обратим внимание на основные параметры, и разработаем варианты улучшения качества исследуемого базового образца- эскалатора «ЭТХ».

2.2.1 Исследуемые объекты

Типы эскалаторов подбираем таким образом, что бы высота подъема была у всех одинакова, тогда более наглядно сможем оценить исследуемые объекты. В качестве объекта исследования для квалиметрического анализа

возьмем четыре типа эскалаторов, два из которых были выпущены до 1970 года («Н-40» и «ЛТ-2») и два типа, которые выпускаются с 1970 года («ЭТ-2» и «ЭТХ»).

Отечественные эскалаторы

Все отечественные тоннельные эскалаторы выполнены по одной принципиальной схеме, имеют ширину ступени 1 м, угол наклона 30º и вынесенный в машинное помещение редукторный привод. Однако существует различное множество типов отечественных эскалаторов и у каждого свои технические параметры. Для квалиметрического анализа рассмотрим наиболее популярные типы: «Н40», «ЛТ-2» «ЭТ-2» и «ЭТХ».

Таблица 1 - Технические параметры эскалаторов, выпущенные до 70-х годов

Наименование параметров		«Н-40»	«ЛТ-2»
Годы изготовления		1938-1953	1962-1976
Высота подъема, м		30,0-39,8	42,5-65,8
Скорость полотна, м/с		0,75	0,75
Шаг цепи, мм		135	200
Диаметр тяговых звездочек, мм		1720	2231
Масса полотна, кг/м		235	236
Мощность привода, кВт		125	200
Масса главного вала, кг		7860	11230
Разрывное усилие тяговой цепи, кН		1080	1300
Размеры эскалатора, мм	A	2500	2100
	B	2350	4875
	C	4760	1320
	h	3990	2825
	L	4100	5600
	R	6000	10000

Наименование параметров	«Н-40»	«ЛТ-2»
Максимальная масса, т	157	187

Если сравнить параметры данных типов эскалаторов, нетрудно заметить, что практически все параметры эскалатора типа «ЛТ-2» больше показателей эскалатора типа «Н-40», это можно объяснить тем, что эскалатор «Н-40» один из самых первых эскалаторов, произведенных в СССР.

Но на этом эскалаторостроение не остановилось, и уже наше поколение застало усовершенствованные эскалаторы. Для квалиметрического анализа также не будем вдаваться в подробности, и рассмотрим всего два типа эскалаторов нашего времени.

Таблица 2 - Технические параметры эскалаторов, выпущенных после 70-х годов.

Наименование параметров		«ЭТ-2»	«ЭТХ»
Годы изготовления		1978- н.в.	1998-н.в.
Высота подъема, м		45,2-65,0	40,8
Скорость полотна, м/с		0,75	0,65
Шаг цепи, мм		200	400
Диаметр тяговых звездочек, мм		1532	551,6
Масса полотна, кг/м		172	150
Мощность привода, кВт		200	110
Масса главного вала, кг		7208	-
Разрывное усилие тяговой цепи, кН		1100	570
Размеры эскалатора, мм	A	2050	2000
	B	2090	1250
	C	2000	2000
	h	3100	2825
	L	4800	4600

Наименование параметров		«ЭТ-2»	«ЭТХ»
	R	12000	12000
Максимальная масса, т		123	100

Основным объектом исследования работы является эскалатор «ЭТХ». С 2008 года, на одном из дочерних предприятий Кировского завода, выпускаются самые современные эскалаторы типа «ЭТХ». Так как главной задачей создания данной конструкции эскалатора было создание усовершенствованной модели, которая должна отвечать всем требованиям надежности и безопасности, проверим уровень улучшения качества эскалатора «ЭТХ.

2.2.2 Сравнительные характеристики исследуемых типов эскалаторов

Четыре типа представленных эскалаторов предназначены для транспортировки пассажиров с одного уровня на другой в условиях метрополитена. Все представленные типы популярны в истории эскалаторостроения, однако необходимо определить идеальный вариант. Для этого проведём таблично-сравнительную характеристику.

Таблица 3 - Сравнительные характеристики исследуемых эскалаторов.

Наименование параметров	«Н-40»	«ЛТ-2»	«ЭТ-2»	«ЭТХ»
Годы изготовления	1938-1953	1962-1976	1978- н.в.	1998-н.в.
Высота подъема, м	30,0-39,8	42,5-65,8	45,2-65,0	40,8
Скорость полотна, м/с	0,75	0,75	0,75	0,65
Шаг цепи, мм	135	200	200	400
Диаметр тяговых звездочек, мм	1720	2231	1532	551,6
Масса полотна, кг/м	235	236	172	150

Наименование параметров		«Н-40»	«ЛТ-2»	«ЭТ-2»	«ЭТХ»
Мощность привода, кВт		125	200	200	110
Масса главного вала, кг		7860	11230	7208	-
Разрывное усилие тяговой цепи, кН		1080	1300	1100	570
Размеры эскалатора, мм	A	2500	2100	2050	2000
	B	2350	4875	2090	1250
	C	4760	1320	2000	2000
	h	3990	2825	3100	2825
	L	4100	5600	4800	4600
	R	6000	10000	12000	12000
Максимальная масса, т		157	187	123	100

Судить в целом о качестве эскалаторов по параметрам, представленных в таблице неверно, на основании чего проведем квалиметрический анализ. Для начала разберемся с проблемой общего характера.

Российские метрополитены самые загруженные в мире, и увеличение их пропускной способности остается актуальной задачей на многих станциях глубокого залегания. Попытка решить ее увеличением скорости лестничного полотна с 0,75 до 0,94 м/с не принесла ощутимых результатов: их производительность выросла всего на 7%, а износ и объем эксплуатационных издержек резко увеличился, поэтому скорость движения лестничного полотна вернули к исходной экономической скорости 0,75 м/с, что доказывает таблица, однако, у эскалатора «ЭТХ» скорость лестничного полотна снижена на 20%, что резко влияет на пропускную способность. Дело все в том, что из-за высокой скорости эскалатора резко увеличивается износ конструкции. Операторы вынуждены снизить скорость лестничного полотна до 0,65 м/с. При этом шаг цепи у «ЭТХ» составляет 400 мм, что не является пределом минимизации, так как минимальный шаг цепи влияет на качество работы эскалатора. С

уменьшением шага цепи и с увеличением количества зубьев снижается ущерб, вызванный волнообразованием на дорожках качения бегунков ступеней. Чем меньше шаг цепи, тем надежнее система. При этом у эскалатора типа «Н-40» шаг цепи- 135 мм, т.е. лучший показатель, чем у остальных.

Что касается остальных параметров, то эскалатор «ЭТХ» смог обогнать своих конкурентов. Минимальный диаметр тяговых звездочек обеспечивает надежное качество работы эскалатора. Минимизация массы лестничного полотна и всего эскалатора в целом, также является одним из параметров основного назначения, так как масса играет важную роль при конструировании эскалатора, а также при затратах на материал. Самая наименьшая масса полотна, и масса самого эскалатора у «ЭТХ»: 150 кг/м, 100 т.

2.2.3 Формирование номенклатуры показателей назначения и показателей качества

Высота подъема- главный приоритет отечественного эскалаторостроения. Первые эскалаторы в 1935 году были рекордными- 30 м. Постоянный штурм новых высот- 40; 50; 55; 65 и уже сегодня спроектирован эскалатор на 75 м;

Скорость полотна заметно влияет лишь на теоритическую производительность эскалатора.

Шаг цепи- показатель, который влияет на качество работы эскалатора. С уменьшением шага цепи и с увеличением количества зубьев снижается ущерб, вызванный волнообразованием на дорожках качения бегунков ступеней. Чем меньше шаг цепи, тем надежнее система.

Диаметр тяговых звездочек- важный показатель, который влияет на качество работы эскалатора. При увеличении диаметра приводных звездочек неизбежно растет крутящий момент на главном валу. Продольная динамика лестничного полотна уменьшается, но не устраняется. Поэтому полностью ликвидировать волнообразный износ на дорожках качения бегунков практически невозможно. Необходимо изначально учитывать всевозможные

нюансы, и сконструировать эскалатор таким образом, что бы износ сводился к минимуму.

Масса полотна - основной показатель. Минимизация массы лестничного полотна один из приоритетных задач улучшения качества и надежности эскалатора.

Мощность привода- минимальные затраты мощности привода обеспечивают экономию средств на обслуживание техники.

Размеры- показатели транспортабельности. Удобство исполнения, установки и обслуживания.

Максимальная масса- основная цель минимизация массы.

Надежность – комплексное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

Безопасность- предметная область, очень сложная, запутанная на уровне нормативных документов, начиная с терминологии, интересная и развивающаяся, особенно применительно к задачам менеджмента риска.

Технологичность- совокупность свойств конструкции изделия, проявляющихся в возможности оптимизации затрат труда, материальных и финансовых средств, времени и других ресурсов при технической подготовки производства, при изготовлении, эксплуатации и ремонте.

Эстетичность- эстетические показатели характеризуют эстетические свойства продукции: информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения. Оценка эстетических показателей качества конкретных образцов продукции проводится экспертной комиссией.

Эргономичность- совокупность показателей, определяемые свойствами и возможностями человека выполнять функции управления, обслуживания и использования техники с требуемым качеством и без ущерба для его здоровья.

Для построения сводной таблицы абсолютных единичных показателей качества воспользуемся ГОСТом 4.476-87 «СПКП. Эскалаторы. Номенклатура показателей качества» (приложение В) и расклассифицируем на подпоказатели, такие комплексные показатели как:

Показатели надежности;

Показатели безопасности;

Показатели технологичности;

Показатели эстетичности;

Показатели эргономичности.

Таблица 4 - Сводная таблица абсолютных единичных показателей

наименование показатели			«Н-40»	«ЛТ-2»	«ЭТ-2»	«ЭТХ»
Назначения	Высота подъема, м		30,0-39,8	42,5-65,8	45,2-65,0	40,8
	Скорость полотна, м/с		0,75	0,75	0,75	0,60
	Шаг цепи, мм		135	200	200	400
	Диаметр тяговых звездочек, мм		1720	2231	1532	551,6
	Мощность привода, кВт		125	200	200	110
	Разрывное усилие тяговой цепи, кН		1080	1300	1100	570
Транспорта-бельности	Масса полотна, кг/м		235	236	172	110
	Максимальная масса		157	187	123	100
	Размеры, мм	A	2500	2100	2050	2000
		B	2350	4875	2090	1250
		C	4760	1320	2000	2000

наименование показатели			«Н-40»	«ЛТ-2»	«ЭТ-2»	«ЭТХ»
		h	390	285	30	2825
		L	4100	5600	40	4600
		R	6000	10000	1200	
	Средняя наработка на отказ, час		-	-	-	36
	Пробег до первого капитального ремонта, км		150.000	150.000	150.000	300.00
	Средний срок сохраняемости		3	2	2	1,5
Безопас-ности	Показатель безопасности, балл		3	3	3	2
	Уровень качества тормозной системы		3	3	3	2
Технолого-гичности	Трудоемкость изготовления, балл		2	2	2	2
Эстетич-ности	Рациональность и современность эстетического решения, балл		2	2	3	2
	Качество отделки, балл		2	2	3	3
Эргономич-ности	Уровень шума над лестничным полотном, дБ		77	75	75	77
	Удобство обслуживания, балл		3	3	3	2

Таким образом, составлена таблица из числовых значений показателей качества и рассчитанные экспертным путем эстетические показатели,

эргономические показатели ,показатели надежности и безопасности, которые не выражаются числовыми характеристиками.

Для исследования эскалаторов одним из основных мер предосторожности для поддержания высокого качества, является ответственный подход к соблюдению требований, представленных производителем. С данным вопросом и придется разобраться, какой же эскалатор отвечает всем требованиям качества и надежности, и для этого обратимся к экспертному методу.

2.2.4 Оценка надежности, безопасности, эргономических и эстетических показателей качества экспертным методом

В таблице 4, такие наименования, как безопасность, технологичность, эргономичность и эстетичность исследуемых типов эскалаторов не выражаются числовыми характеристиками. Для того чтобы перевести данные характеристики в числовые, применяется экспертный метод.

Широкое применение экспертного метода объясняется тем, что за последнее время проведен большой объем работ и достигнуты значительные результаты по повышению точности оценок, получаемых с помощью экспертов. Следовательно, экспертный метод стал неотъемлемой частью, обеспечивающий приемлемую достоверность информации.

Проведем опрос по приоритетным параметрам эскалатора у конструкторов, занимающихся конструированием подъемно- транспортной машины. Осуществим экспертную оценку исследуемых типов эскалаторов непосредственным измерением путем приписывания баллов (такая система часто используется для определения эстетических и эргономических показателей качества). Для этого соберем экспертную группу в составе 3 человек и установим 3-х бальную систему качественных оценок:

1 балл – «удовлетворительно»

2 балла – «хорошо»,

3 балла - «отлично».

Каждый эксперт, в силу своих приоритетов выставляет оценки по параметрам, рассматриваемые в данном пункте, в соответствии с 3-х бальной системой. Оценки проставляются в два тура тайным голосованием. Оценка считается принятой, если число голосов за нее не менее трех.

Показатели безопасности:

- уровень качества тормозной системы
- качество исполнения лестничного полотна

Показатели технологичности:

- трудоемкость изготовления

Эстетические показатели:

- показатель рациональности и современности эстетического решения
- показатель качества отделки

Эргономические показатели:

- показатель удобства обслуживания

Перед началом оценки объектов экспертами закодируем объекты латинскими буквами: A- эскалатор «Н40»; B- эскалатор «ЛТ-2»; C- эскалатор «ЭТ-2»; D- эскалатор «ЭТХ-40,8».

Представим результаты оценки экспертов:

Показатели безопасности

Безопасность в целом

Эксперт (№)	A	B	C	D
1	3	3	3	1
2	3	3	3	2
3	3	3	3	3

Итог: A- 3, B- 3, C- 3, D- 2.

Уровень качества тормозной системы

Эксперт (№)	A	B	C	D

1	3	3	3	1
2	3	3	3	3
3	3	3	3	3

Итог: A- 3, B- 3, C- 3, D- 2.

Показатели технологичности

Трудоемкость изготовления

Эксперт (№)	A	B	C	D
1	2	2	2	2
2	2	2	2	1
3	2	2	2	2

Итог: A- 2, B- 2, C- 2, D- 2 .

Эстетические показатели

Рациональность и современность эстетического решения

Эксперт (№)	A	B	C	D
1	2	2	3	2
2	2	2	2	2
3	1	2	3	3

Итог: A- 2, B- 2, C- 3, D- 2.

Качество отделки

Эксперт (№)	A	B	C	D
1	2	2	3	3
2	2	2	2	2
3	1	2	3	3

Итог: A- 2, B- 2, C- 3, D- 3.

Эргономические показатели

Удобство обслуживания

Эксперт (№)	A	B	C	D

1	3	3	3	1
2	2	2	2	1
3	3	3	3	3

Итог: A- 3, B- 3, C- 3, D- 2.

2.2.5 Определение весовых коэффициентов

Рассчитаем весовые показатели для каждого из подпоказателей. Весовой коэффициент (коэффициент весомости) подпоказателя качества продукции – количественная характеристика значимости каждого подпоказателя качества продукции среди других подпоказателей ее качества. Для этого воспользуемся методом ранжирования. Ранжирование состоит в расстановке объектов измерений или показателей в порядке их предпочтения, по важности или весомости. Чем выше ранг, тем предпочтительнее объект, весомее, важнее показатель. Итого 14 подпоказателей. Для их оценки прибегнем к услугам 3 экспертов.

Перед определением весовых коэффициентов закодируем каждый подпоказатель латинской буквой Q_i с индексом, равным порядковому номеру подпоказателя в таблице 4: Q_1 -высота подъема; Q_2 -скорость полотна; Q_3 -шаг цепи; Q_4 -диаметр тяговых звездочек; Q_5 -мощность привода; Q_6 -разрывное усилие тяговой цепи; Q_7 -масса полотна; Q_8 - максимальная масса; Q_9 -размеры (габариты); Q_{10} -надежность; Q_{11} -безопасность; Q_{12} - технологичность, Q_{13} - эстетичность; Q_{14} -эргономичность.

После подсчета голосов экспертов были получены следующие данные:

эксперт №1:

$Q_{18}<Q_{19}<Q_{16}<Q_{17}<Q_9<Q_8<Q_7<Q_6<Q_3<Q_4<Q_{15}<Q_5<Q_2<Q_1<Q_{14}<Q_{13}<Q_{11}<Q_{12}<Q_{10}$.

эксперт №2:

$Q_{17}<Q_{16}<Q_{19}<Q_{18}<Q_9<Q_8<Q_7<Q_2<Q_{15}<Q_6<Q_1<Q_5<Q_3<Q_4<Q_{13}<Q_{14}<Q_{12}<Q_{11}<Q_{10}$.

эксперт №3:

$Q_{16}<Q_{17}<Q_{18}<Q_{19}<Q_9<Q_8<Q_7<Q_2<Q_1<Q_6<Q_{15}<Q_5<Q_3<Q_4<Q_{14}<Q_{13}<Q_{11}<Q_{12}<Q_{10}$.

$Q_1=14+11+9=34$

$Q_2=13+8+8=29$

$Q_3=9+13+13=35$

$Q_4=10+14+14=38$

$Q_5=12+12+12=36$

$Q_6=8+10+10=28$

$Q_7=7+7+7=21$

$Q_8=6+6+6=18$

$Q_9=5+5+5=15$

$Q_{10}=19+19+19=57$

$Q_{11}=17+18+17=52$

$Q_{12}=18+17+18=53$

$Q_{13}=16+15+16=47$

$Q_{14}=15+16+15=46$

$Q_{15}=11+9+11=31$

$Q_{16}=3+2+1=6$

$Q_{17}=4+1+2=7$

$Q_{18}=1+4+3=8$

$Q_{19}=2+3+4=9$

На основании полученных данных составим ранжированный ряд:

$Q_{10}<Q_{12}<Q_{11}<Q_{13}<Q_{14}<Q_4<Q_5<Q_3<Q_1<Q_{15}<Q_2<Q_6<Q_7<Q_8<Q_9<Q_{19}<Q_{18}<Q_{17}<Q_{16}$.

Рассчитаем весовые коэффициенты:

$$q_i = \sum_{i=1}^{n} Q_i / \sum_{i=1,j=}^{n,m} Q_{i,j} \quad (1)$$

$q_1 = \frac{34}{570} = 0{,}060$; $q_2 = \frac{29}{570} = 0{,}051$; $q_3 = \frac{35}{570} = 0{,}061$; $q_4 = \frac{38}{570} = 0{,}067$; $q_5 = \frac{36}{570} = 0{,}063$;

$q_6 = \frac{28}{570} = 0{,}049$; $q_7 = \frac{21}{570} = 0{,}037$; $q_8 = \frac{18}{570} = 0{,}032$; $q_9 = \frac{15}{570} = 0{,}026$; $q_{10} = \frac{57}{570} = 0{,}100$;

$q_{11} = \frac{52}{570} = 0{,}091$; $q_{12} = \frac{53}{570} = 0{,}093$; $q_{13} = \frac{47}{570} = 0{,}082$; $q_{14} = \frac{46}{570} = 0{,}081$; $q_{15} = \frac{31}{570} = 0{,}054$;

$q_{16} = \frac{6}{570} = 0{,}011$; $q_{17} = \frac{7}{570} = 0{,}012$; $q_{18} = \frac{8}{570} = 0{,}014$; $q_{19} = \frac{9}{570} = 0{,}016$;

$$\sum_{i=1}^{19} q_i = 1 \quad (2)$$



Рис. 2 - Диаграмма значений весовых коэффициентов

2.2.6 Расчет относительных показателей качества

Сведем рассчитанные весовые коэффициенты в таблицу и определим относительные показатели качества.

Для расчета относительных показателей качества применяют две формулы: прямую и обратную.

Прямая формула служит для расчета относительного показателя качества в тех случаях, когда повышение качества конструкции характеризуется уменьшением показателя, она имеет вид:

$$Q_i = \frac{Б_i}{P_i} \quad (3)$$

где Q_i – относительный показатель качества, оцениваемый по i-тому свойству; $Б_i$ – базовый показатель i-го свойства; P_i – показатель i-го свойства оцениваемой продукции.

Обратная формула применяется для расчета относительного показателя качества в тех случаях, когда повышение качества характеризуется увеличением показателя; она имеет вид:

$$Q_i = \frac{P_i}{Б_i} \quad (4)$$

Таблица 5 - Относительные показатели качества

Относительный единичный показатель качества	«Н-40»	«ЛТ-2»	«ЭТ-2»	«ЭТХ»	Весовой коэффициент
Высота подъема	0,73	1,04	1,108	1	0,060
Скорость полотна	1,25	1,25	1,25	1	0,051
Шаг цепи	2,96	2	2	1	0,061
Диаметр тяговых звездочек	0,39	0,3	0,44	1	0,067
Мощность привода	0,88	0,55	0,55	1	0,063
Разрывное усилие тяговой цепи	0,53	0,44	0,52	1	0,049
Масса полотна	0,47	0,47	0,64	1	0,037

Относительный единичный показатель качества	«Н-40»	«ЛТ-2»	«ЭТ-2»	«ЭТХ»	Весовой коэффициент
Максимальная масса	0,67	0,53	0,81	1	0,032
Размеры (Габариты)	0,75	0,75	0,75	1	0,026
Средняя наработка на отказ	1,67	1,3	1,5	1	0,100
Пробег до первого капитального ремонта, км	2	2	2	1	0,091
Средний срок сохраняемости	2	1,3	1,3	1	0,093
Показатель безопасности, балл	1,5	1,5	1,5	1	0,082
Уровень качества тормозной системы	1,5	1,5	1,5	1	0,081
Трудоемкость изготовления, балл	1	1	1	1	0,054
Рациональность и современность эстетического решения, балл	1	1	1,5	1	0,011
Качество отделки, балл	0,67	0,67	1	1	0,012
Уровень шума над лестничным полотном, дБ	1	1,03	1,03	1	0,014
Удобство	1,5	1,5	1,5	1	0,016

Относительный единичный показатель качества	«Н-40»	«ЛТ-2»	«ЭТ-2»	«ЭТХ»	Весовой коэффициент
обслуживания, балл					

Расчет ЕОПК производится по различным формулам в зависимости от их влияния на качество:

по прямой формуле рассчитается в тех случаях, когда повышение качества изделия характеризуется уменьшением показателя:

$$Q_i = \frac{Б_i}{Р_i}. \quad (5)$$

по обратной формуле рассчитывается в тех случаях, когда повышение качества изделия характеризуется увеличением показателя:

$$Q_i = \frac{Р_i}{Б_i}. \quad (6)$$

2.2.7 Методы оценки качества

Существует несколько методик оценки качества. В данной работе будут представлены три метода: дифференциальный метод, комплексный метод и смешанный метод.

Дифференциальный метод оценки качества

Дифференциальный метод оценки качества изделий заключается в сопоставлении единичных показателей качества оцениваемых изделий с соответствующими показателями базового образца. При этом определяют, достигает ли качество оцениваемого изделия качества базового образца в целом; какие единичные показатели оцениваемого изделия превосходят или не соответствуют показателям качества базового образца, а также насколько отличаются друг от друга аналогичные единичные показатели свойств.

Для точной и информативной оценки уровня качества и следуемого изделия построим диаграмму сопоставления показателей качества (циклограмму), на которой наглядно видно, по какому показателю следует принимать управленческие и технические решения. Обозначенные в таблице 5

показатели качества имеют различную значимость (весовой коэффициент). Поэтому, чтобы сохранить наглядность и информативность циклограммы, анализ будем вести не по всем 19 подпоказателям, а только по 10, которые эксперты при определении весовых коэффициентов признали самыми важными. Тем самым мы добьемся не только наглядности, но и адекватности результатов, так как при большом количестве подпоказателей теряется весомость каждого из них, что может привести к неправильному пониманию полученной циклограммы.

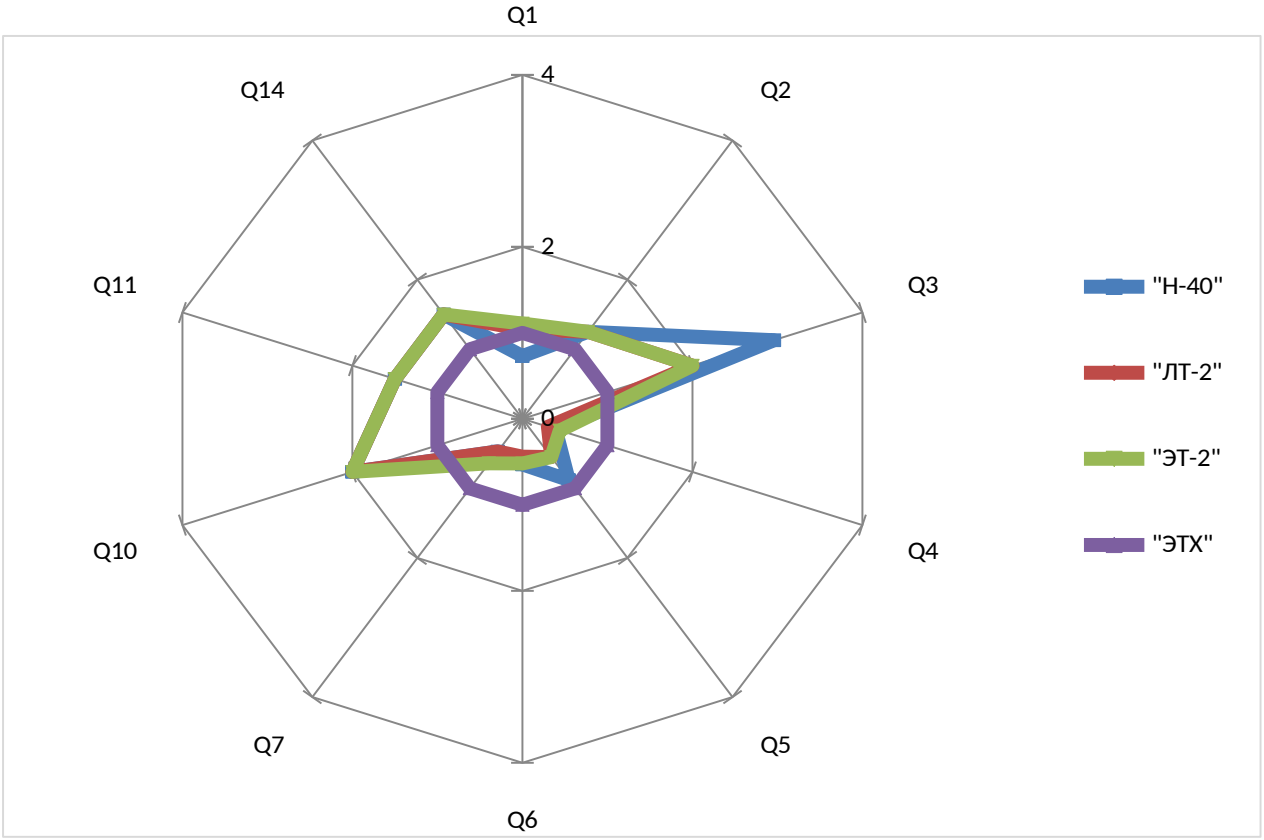


Рис. 3 - Циклограмма дифференциального метода оценки качества

Обратим внимание, что современный тип эскалатора «ЭТХ» не занимает лидирующих позиций, а напротив, занимает последнее место. Однако только по четырем показателям мы можем судить об улучшении за время модернизации. И тем более значения этих показателей не на много превышают значения показателей остальных эскалаторов. Для разработки предложений по улучшению качества эскалатора «ЭТХ» основное внимание обратим на такие показатели как, шаг цепи, диаметр тяговых звездочек, мощность привода и разрывное усилие тяговой цепи. Если судить по этим показателям, то

конструкторы и разработчики эскалатора «ЭТХ» хорошо потрудились, однако остается другой вопрос, как при таких показателях надежности и безопасности эскалатор «ЭТХ» имеет право на жизнь.

Самое значимое для потребителя: надежность и безопасность, «ЭТХ» не сможет обеспечить должным образом, как довоенные эскалаторы. Показатели надежности и безопасности у «Н-40», «ЛТ-2», «ЭТ-2» эксперты оценили на отлично, что говорит о высоком уровне исполнения.

Данный метод довольно простой и понятный, но имеет ряд существенных недостатков. Количество единичных показателей качество может исчисляться десятками, превышать сотню. Как удержать их все в сознании, не запутаться в том, какие из них должны быть больше, какие меньше и принять на основе всех этих многочисленных сопоставлений правильное решение. Специалисты говорят, что самая правильная ситуация, когда анализируются не более семи величин.

Ну и уж совсем хорошо, когда анализ заканчивается одной величиной, так появляется идея использования комплексного показателя

Комплексный метод оценки качества

Комплексный метод оценки качества продукции основан на использовании комплексных показателей ее качества. Комплексный показатель характеризует совокупность взаимосвязанных свойств из всего множества свойств, образующих качество продукции, и выражается одним числом.

Комплексный метод оценки качества продукции основан на использовании комплексных показателей ее качества. Комплексный показатель характеризует совокупность взаимосвязанных свойств из всего множества свойств, образующих качество продукции, и выражается одним числом.

В нашем случае применяется способ образования комплексного показателя качества (КПК) по принципу среднего взвешенного. В самом общем виде формула для среднего взвешенного имеет вид:

$$Q = j\sqrt{\sum_{i=0}^{n} \cdot Q_i^j / \sum_{i=0}^{n} q_i} \qquad (7)$$

Где j- па*раметр логики усреднения*;

q_i- весовой коэффициент; n- число единичных показателей Q_i.

При этом задавая значения j, получаем разные виды средних взвешенных комплексных показателей.

Так как мы используем экспертный метод для весовых коэффициентов, удовлетворяющих условию:

$\sum_{i=1}^{19} q_i$ =1, то при его выполнении воспользуемся следующей формулой:

$$Q = \prod_{i=1}^{19} Q_i^{qi}. \qquad (8)$$

Расчет будет проводить по всем 19 подпоказателям, так как учитывается важность каждого из них.

Q_1 – комплексный показатель качества эскалатора «Н-40»; Q_2 – комплексный показатель качества эскалатора «ЛТ-2»; Q_3 – комплексный показатель эскалатора «ЭТ-2». Q_4- комплексный показатель качества эскалатора «ЭТХ».

Q_1=1,511

Q_2=0,942

Q_3=1,302

Q_4=1

Согласно комплексному методу оценки качества эскалаторов лидирующую позицию занимает эскалатор «Н-40», как и в дифференциальном методе, показатели эскалаторов «ЛТ-2» и «ЭТХ» уступают. Однако многолетнее применение комплексного метода выявило важные недостатки, связанные с определением коэффициентов весомости и с выбором математической зависимости для определения среднего взвешенного. Наличие

субъективного фактора приводит к тому, что при оценке качества этим методом можно получить любой нужный результат.

В частности, ни дифференциальный, ни комплексный методы оценки уровня качества сложной продукции не дает возможности адекватно оценить качество. Поэтому при оценке технического уровня качества сложной и особенно многофункциональной технической продукции используют смешанный метод, основанный на совместном применении единичных и комплексных показателей качества.

Смешанный метод

На заключительном этапе квалиметрического анализа воспользуемся смешанным методом оценки качества. Смешанный метод оценки уровня качества продукции используют во всех случаях, когда

- единичных показателей качества достаточно много, они разнообразны, а анализ значения каждого показателя затруднителен, что не дает возможности сделать обобщающий вывод о качестве и техническом виде продукции;
- обобщающий показатель уровня качества, определяемый комплексным методом, недостаточно полно учитывает все значимые свойства продукции и поэтому неадекватно характеризует качество анализируемых изделий.

Сущность смешенного метода и последовательность действий состоит в следующем:

Все или часть единичных показателей качества объединяют в группы, для которых определяют групповой комплексный показатель. Объединение зависит от цели оценки качества: при конструировании или проектировании изделия, при изготовлении и на различных этапах эксплуатации. Наиболее значимые и характерные единичные показатели можно в группы не включать, а рассматривать на ряду с групповыми.

Численные значения групповых единичных показателей и самостоятельно учитываемых единичных показателей сопоставляют с базовыми показателями, т.е. применяют принцип дифференциального метода оценки уровня качества продукции.

При смешанном методе оценку уровня качества продукции можно рассчитать по формуле:

$$U_q = \sum_{i=0}^{n} q_i \cdot \frac{P_i}{Б_i} + \frac{Q}{Q_{баз}} \qquad (9)$$

Где n- число единичных показателей, учитываемых самостоятельно;

q_i – коэффициент весомости i-го показателя качества;

P_i –единичный показатель качества исследуемого изделия по i-му свойству;

$Б_i$ – базовый единичный показатель по i-му свойству;

Q- комплексный показатель качества исследуемого изделия;

$Q_{баз}$ -базовый показатель качества.

Возьмем такие показатели, которые с точки зрения современного эскалаторостроения играют особую роль.

- Диаметр тяговых звездочек;
- Мощность привода;
- Разрывное усилие тяговой цепи;
- Масса полотна;
- Максимальная масса;
- Размеры;
- Средняя наработка на отказ;
- Пробег до первого капитального ремонта;
- Показатель безопасности

Смешанный показатель качества для эскалатора «Н-40»

$$U_q = ,026 + 0,055 + 0,026 + 0,017 + 0,021 + 0,019 + 0,167 + 0,182 + 0,19 + 0,123 + \frac{0,84}{1} = 0,636 +$$

Смешанный показатель качества для эскалатора «ЛТ-2»

$$U_q = 1,46$$

Смешанный показатель качества для эскалатора «ЭТ-2»

$$U_q = 1,57$$

Смешанный показатель качества для эскалатора «ЭТХ»

$$U_q = 2$$

Таким образом, согласно смешанному методу оценки качества, эскалатор «ЭТХ» является сильным вариантом современного эскалаторостроения.

2.2.8 Вывод по квалиметрическому анализу

В ходе квалиметрического анализа были получены результаты оценки качества эскалаторов на основании которых произведен расчет оценки качества продукции. Составлены сводные таблицы параметров четырех типов эскалаторов. Проведен экспертный метод в бальной системе по показателям качества, которые невозможно определить в числовом значении и расчитанны весовые коэффициенты каждого показателя качества.

Проведены три метода оценки качества продукции, в ходе чего стало ясно, что эскалаторы «ЭТХ» имеют высокий уровень качества с точки зрения современного эскалаторостроения.

В соответствии с циклограммой (Рис. 3) все три типа рассматриваемых эскалаторов занимают большую площадь графика, чем эскалатор типа «ЭТХ», что может говорить о недостаточности уровня качества, что в свою очередь доказывает и комплексный метод, однако дифференциальный и комплексный методы имеют ряд существенных недостатков, на основании чего об однозначности результатов говорить нельзя. В результате такого заключения прибегаем к смешанному методу. В ходе смешанного метода коэффициент качества эскалатора «ЭТХ» выше, чем у трех остальных типов. Все показатели качества, подобранные для смешанного метода, играют важную роль в конструкции эскалатора с точки зрения современного эскалаторостроения, на

основании чего делаем вывод о конкурентоспособности эскалаторов «ЭТХ» на российском рынке эскалаторостроения.

Эскалаторы «ЭТХ» спроектированы специально для того, что бы увеличить пропускную способность на станциях метрополитена, обеспечив тем самым высокое качество работы. Однако несколько конструктивных дефектов усложнило работу всей конструкции, что заставляет создавать выход из сложившейся ситуации.

2.3 Особенности эскалатора ЭТХ

Эскалатор ЭТХ, разработанный в 1998 году, отличается от отечественных эскалаторов коренным образом с точки зрения конструктива. Опираясь на опыт отечественного эскалаторостроения и исходя из потребностей глубоких российских метрополитенов - эскалатор «ЭТХ» изначально нацелен на высоты подъема до 75 м. Тяговое усилие в этом случае способен обеспечить лишь «стальной контакт» зубьев приводной звездочки и роликов цепи.

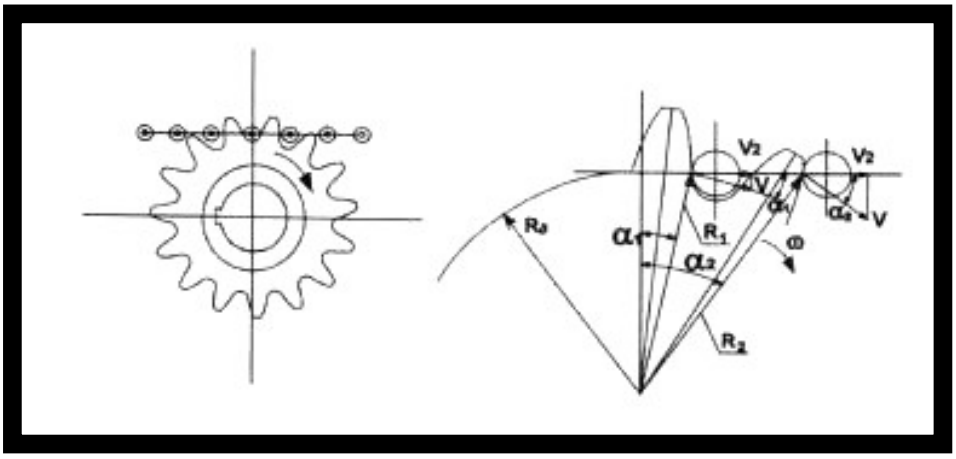


Рис. 4 - Цепное зацепление тяговой звездочки

В эскалаторах традиционных конструкций при высоте подъема 30-65 м приводные звездочки тяговых цепей имеют диаметр около 2 м. Для передачи огромного крутящего момента применяются специальные приводы.

Конструктора «ЭТХ» нашли другое решение: диаметр приводной цевочной звездочки эскалатора равен 551,6 мм, благодаря чему габариты привода стали меньше, и его удалось поместить между рабочей и холостой ветвями

лестничного полотна, поменять местами основные и вспомогательные бегунки. А также поместить тяговые цепи в габариты ступени.

Это коренным образом изменило диаграмму натяжения тяговых цепей – большие натяжения действуют только в пределах прямолинейных участков. (Рис. 1).

Паразитные силы, нагружающие ступень на ВКУ в эскалаторах традиционной конструкции ликвидированы, взаимный поворот звеньев цепи на криволинейных участках происходит при минимальной нагрузке. Это позволило оснастить шарниры подшипниками и отказаться от смазки цепей. Возможность переноса привода на прямолинейный участок обеспечена применением тяговых звездочек эвольвентного профиля.

В полученной высокоточной цевочной реечной передаче рейками являются звенья тяговой цепи, длина которых равна шагу ступеней (400 мм), а роль цевок выполняют ролики цепи.

Главной особенностью цевочной реечной передачи является постоянство величины и направления вектора скорости рейки, т.е. в отличие от цепной передачи, скорость звена цепи не зависит от расположения зуба звездочки, благодаря чему уже при коэффициенте перекрытия более 1,3 достигается высокая плавность работы передачи.

Кинематическая схема привода полотна освобождает ступень, бегунки, шарниры тяговых цепей, направляющие, металлоконструкцию от действия усилий тяговых цепей на верхнем криволинейном участке трассы движения полотна, из-за чего активно расходуется ресурс эскалаторов предыдущего поколения еще до появления пассажирской нагрузки. Решение реализуется путем установки тяговых звездочек с зубьями эвольвентного профиля в верхней части прямолинейного наклонного участка трассы движения ступеней между рабочей и холостой ветвями полотна.

Применение цевочного зацепления зубьев приводных звездочек с роликами тяговых цепей вместо традиционного цепного зацепления позволяет

не связывать шаг зацепления с длиной звена цепи. Шаг звеньев тяговой цепи равен шагу ступеней. Таким образом, цепь между ступенями имеет единственный шарнир, загруженный только на прямолинейном участке, взаимный поворот звеньев происходит без нагрузки при незначительных удельных давлениях на поверхностях трения. Это позволило оснастить шарнир цепи долговечным подшипником скольжения без применения смазки и сохранить практически неизменным зазор между смежными ступенями в течение срока службы полотна.

Применение модифицированного цевочного зацепления исключает продольные динамические колебания полотна и стук при контакте зубьев звездочек с роликами цепи, характерные для эскалаторов предыдущего поколения.

Привод полотна совмещен с приводом поручня и имеет градацию мощности и тормозных моментов в зависимости от высоты транспортирования по номенклатуре отечественных электродвигателей, и выполнен в виде амортизированного моноблока с возможностью удобного обслуживания, ремонта.

Ступень - облегченная, легкосъемная, коррозиестойкая, без применения сварных соединений. "Основные", "вспомогательные" и "направляющие" бегунки имеют одинаковые размеры, а также указатель предельного износа поверхности качения. Подшипники бегунков с уплотнениями повышенного качества и заводской смазкой на весь срок службы. Настил, гребень, подступенок - из износостойкой трудносгораемой пластмассы или алюминия с цветовым обозначением опасных зон для обуви пассажиров. Исключены недопустимые гальванопары крепления этих элементов к стальному каркасу.

Основной бегунок, установленный на одной оси с втулкой тяговой цепи (на обычном месте вспомогательного бегунка в ступенях эскалаторов предыдущего поколения) позволяет разместить тяговые цепи в габарите настила ступени и уменьшить поперечный габарит эскалатора в целом.

Система направляющих и контрнаправляющих исключает подъем ступени на любом участке трассы. Обычное трение скольжения бегунков о реборды заменено трением качения направляющих бегунков в центральной направляющей.

Тяговые цепи - легкоразборные, без прессовых посадок, с межремонтным пробегом не менее 150 тыс. км.

Самосмазывающиеся металлофторопластовые подшипники в шарнирах исключают применение смазки и традиционной системы смазочных каналов, существенно повышая пожаробезопасность. Максимальный износ шарниров - 0,5 мм при указанном межремонтном пробеге практически не влияет на безопасный зазор между ступенями, предельно уменьшает суммарную величину и неравномерность вытяжки цепей.

Ролики цепи, контактирующие с зубьями приводной (натяжной) звездочки, установлены на стандартных игольчатых подшипниках качения с уплотнениями и смазкой на весь срок службы. Потери от трения качения роликов и сила отпора на зубе звездочки сведены к минимуму.

Направляющие основных и вспомогательных бегунков ступеней/пластин на рабочей и холостой ветви полотна – сменные (либо со сменными дорожками качения). Контрнаправляющие основных бегунков – замкнутого кольцевого типа. Продольное направление полотна в наклонной части – посредством центральных направляющих и ловителей входных площадок.

Поручень NT2000 фирмы «ЕНС» выполнен по новой технологии из термопластичного полимера, армирован стальными тросами, имеет низкий коэффициент трения при движении по направляющим при сохранении высокого коэффициента сцепления с резиновым ободом приводного блока. Технология изготовления поручня обеспечивает его исключительную прямолинейность. Цветная наружная поверхность поручня имеет «антивандальное» покрытие повышенной твердости.

Приводные блоки поручня, совмещенные с приводными звездочками лестничного полотна при угле обхвата поручнем около 190° град, имеют высокую тяговую способность, исключая необходимость применения традиционных прижимных роликов со стороны лицевой поверхности поручня.

Входная площадка - содержит направляющие ролики, контактирующие с боковыми кромками настила ступени. Трение скольжения отсутствует.

Балюстрада в двух вариантах: из закаленного прозрачного или тонированного стекла, либо из нержавеющей стали. Фартуки и плинтусы - со съемными элементами в зонах обслуживания механизмов.

Система управления, контроля и диагностики (СУКД) – микропроцессорная с электронным табло. Доступ в систему возможен только посредством введения PIN-кода. СУКД обеспечивает автоматическую подготовку эскалатора к запуску с опробованием рабочего тормоза, регистрацию основных параметров в рабочем и аварийном режимах. Шкаф управления совмещен для двух и более эскалаторов.

Однако среди большого ряда плюсов имеются свои значительные минусы.

Во-первых, у эскалаторов «ЭТХ» нет аварийного тормоза, а в конструкции эскалаторов обязательно положены два тормоза - рабочий (останавливает эскалатор в обычной ситуации) и аварийный (останавливает при нештатной ситуации - например, при превышении скорости)

Во-вторых, движение лестничного полотна может сопровождаться смещением настила ступени, в результате чего ступень способна вылететь из лестничного полотна, что в последствии может привести к серьезной аварии.

Необходимо предложить варианты улучшения качества конструкции эскалатора «ЭТХ», и постараться их реализовать.

Для начала применим диаграмму Исикавы, диаграпмму Парето и затем применим FMEA- анализ для «ЭТХ» с целью оценки безопасности пассажиров, обслуживающего персонала и инспекторов во время осмотров.

2.4 Диаграмма Исикавы

Диаграмма Исикавы или причинно-следственная диаграмма (иногда ее называют диаграмма «рыбья кость») – применяется с целью графического отображения взаимосвязи между решаемой проблемой и причинами, влияющими на ее возникновение. Диаграмма Исикавы дает возможность выявить ключевые параметры процессов, влияющие на характеристики изделий, установить причины проблем процесса или факторы, влияющие на возникновение дефекта в изделии. В том случае, когда над решением проблемы работает группа специалистов, причинно-следственная диаграмма помогает группе достичь общего понимания проблемы.

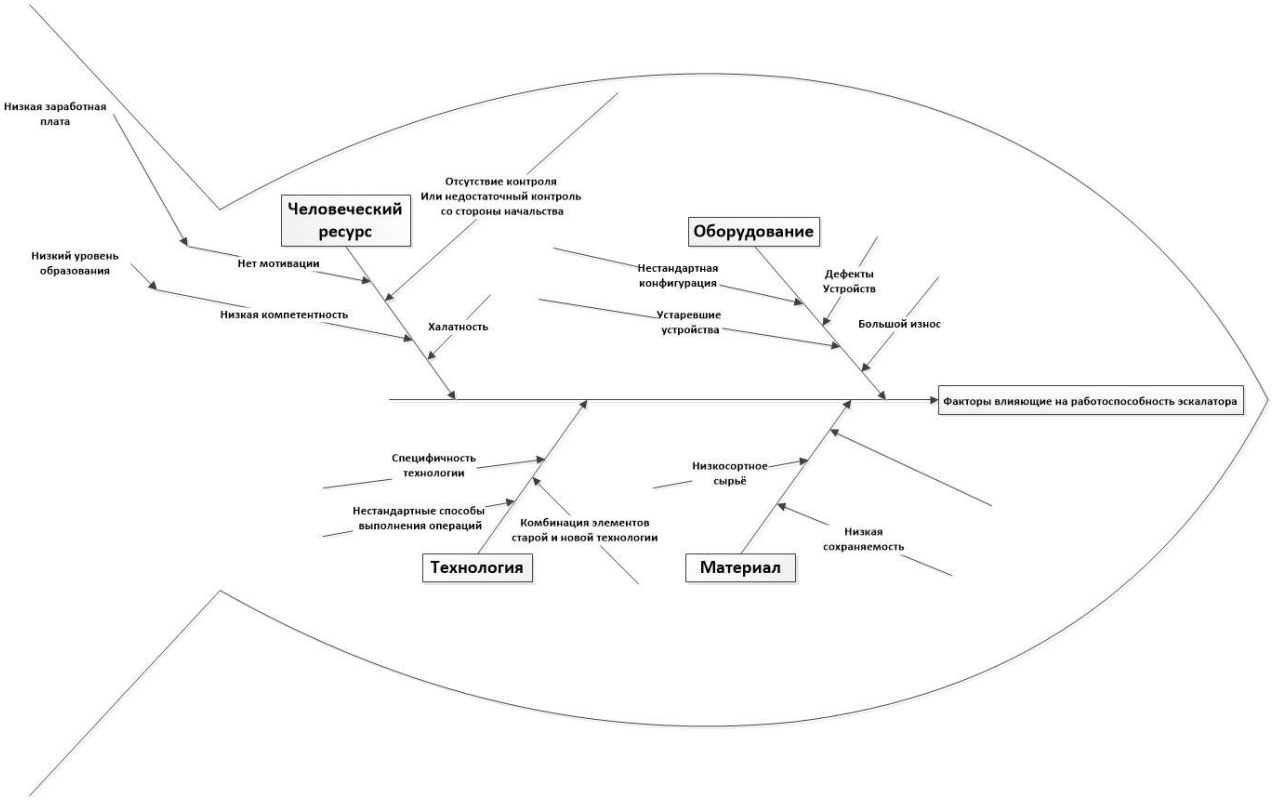


Рис. 5 – Диаграмма Исикавы

В результате применения инструмента диаграммы Исикавы был представлен следующий перечень причин приведенных в таблице 5.

После того как мы выявили по причинно-следственной диаграмме проблемы на производстве которые препятствуют разработке качественного продукта, а именно блока управления, который является составным элементом и функционирует в усилителе мощности.

Для того чтобы разрешить проблемы на производстве необходимо распределить усилия и найти наиболее существенные причины, которые вызывают низкую надежность элемента, после чего разрешаем оставшиеся проблемы, которые являются не существенными, но важными.

Таблица 5 – Причины, выявленные с помощью диаграммы Исикавы

№	**Причина**
1	Нет мотивации
2	Недостаточно освещены рабочие места
3	Производственное оборудование несовместимо с данной технологией
4	Отсутствие эффективно функционирующих мероприятий по восстановлению работоспособности оборудования
5	Низкая сохраняемость производственных инструментов
6	Низкая сохраняемость материалов в складских помещениях предприятия
7	Низкая организованность операционного и выходного контроля

2.5 FMEA-анализ эскалатора «ЭТХ»

Задачами анализа рисков являются:

- идентификация опасностей для пассажиров, обслуживающего персонала и инспекторов, возникающих при работе эскалатора, его механизмов и узлов;
- оценка факторов риска вызываемых опасностью, частоты их возникновения и степени тяжести последствий;
- проверка наличия конструктивных или иных мер, направленных на устранение опасности, и степи достаточности этих мер;
- оценка остаточного уровня риска после применения мер по его устранению.

Методика анализа рисков

Анализ рисков эскалатора «ЭТХ» проведем в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО/ТС 14798-200 «Лифты, эскалаторы и пассажирские конвейеры. Методология анализа риска» (приложение В).

1. Безопасность лиц, перечисленных в п.1.1 оценивается степенью риска, вызываемого различными факторами, возникающими при работе эскалатора, его механизмов и узлов.

2. Идентификация опасностей при последующей оценке их тяжести и вероятности возникновения дает возможность получить меру риска, связанного с той или иной опасностью.

3. Количественная оценка риска в соответствии с ГОСТ Р ИСО/ТС 14798-200 определяется сочетанием серьезности (тяжести) опасности и частоты ее возникновения по схеме:

РИСК, относящийся к анализируемой опасности	=	ТЯЖЕСТЬ вероятного последствия анализируемой опасности	x	ЧАСТОТА СЛУЧАЕВ УЩЕРБА частота и длительность воздействия; вероятность возникновения опасного события; возможность избежать или ограничить ущерб

4. Тяжесть это качественная мера самых наихудших возможных последствий, которые может вызвать конкретная опасность.

Тяжесть вероятного последствия оценивается с учетом воздействия опасности на людей, оборудование, окружающую среду.

5. При оценке частоты возникновения опасности учитываются следующие факторы:

- частота и продолжительность воздействия;
- вероятность возникновения опасного события;
- технические и человеческие возможности избежать или ограничить ущерб.

6. Категория тяжести вероятного последствия опасности и вероятность уровня ее возникновения оценивается по таблице

7. Идентификация опасностей (факторов риска), оказывающие влияние на безопасность пассажиров во время работы эскалаторов, персонала

во время технического обслуживания и ремонтов и инспекторов во время осмотра приняты согласно перечню факторов риска, приведенных в «Правилах безопасности для устройства и монтажа эскалаторов и пассажирских конвейеров» Европейский стандарт EN 115 (приложение B).

8. Для устранения указанных факторов риска или снижения возможного ущерба от их воздействия до безопасного уровня предусмотрены конструктивные и иные меры, изложенные в стандарте EN 115, «Правилах устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов» (ПБ 10-77-94- приложение B) и «Рекомендациях по конструкции и установке поэтажных эскалаторов и пассажирских конвейеров (РД 10-172-97- приложение B) Госгортехнадзора России.

9. Анализ рисков по всем идентифицированным опасностям выполнен путем проверки выполнения требований нормативных документов – EN 115, ПБ 10-77-94, РД 10-172-97 направленных на устранение указанной опасности.

10. При совпадении требований безопасности в перечисленных документах для идентификации факторов риска использована нумерация пунктов по стандарту EN 115.

11. В случаях, когда ПБ 10-77-94 или РД 10-172-97 предъявляют более жесткие или иные требования к устранению фактора риска, чем EN 115, для идентификации факторов риска использованы указанные документы с указанием конкретных пунктов.

12. В таблице анализа рисков приведены номера пунктов нормативных документов без исходной оценки степени риска. Предполагается, что именно из-за тяжести вероятного последствия данные опасности включены в перечень факторов риска.

13. По каждому фактору риска указаны степень выполнения требований нормативных документов (выполнено – полностью соответствует требованиям; выполнено частично – имеются отклонения от требований; не выполнено – не соответствует требованиям), перечислены конкретные меры по устранению опасности и степень остаточного риска.

Таблица 6 - Оценка рисков

Частота событий	Тяжесть последствия			
	I- катастрофическая	II - критическая	III- небольшая	IV- несущественная
A - часто	IA !	IIA !	IIIA !	IVA П
B - вероятно	IB !	IIB !	IIIB *	IVB П
C - редко	IC !	IIC *	IIIC П	IVC О
D - единично	ID *	IID П	IIID П	IVD О
E - маловероят.	IE П	IIE П	IIIE О	IVE О
F - невероятно	IF О	IIF О	IIIF О	IVF О

Примечания:

1) ! - неприемлемо, необходимы корректирующие действия;

* - нежелательно, необходимы корректирующие действия для снижения риска;

П - приемлемо с проверкой, необходима проверка для определения нужны ли какие-либо действия;

О - приемлемо без проверки, не требуется никаких действий.

2) категории тяжести:

I - катастрофическая - смерть, разрушение оборудования;

II - критическая - серьезные повреждения, увечья людей, разрушение оборудования;

III - небольшая - небольшие повреждения людей или оборудования;

IV - несущественная - отсутствие повреждения людей и оборудования.

3) уровень частоты событий:

A - часто - случается часто;

B - вероятно - случается часто в течении срока службы оборудования;

C - редко - случается несколько раз в течении срока службы оборудования;

D - единично - случается хотя бы 1 раз за срок службы оборудования;

E - маловероятно - маловероятно, на практике не отмечено;

F - невероятно - не может произойти, кроме как в результате намеренных действий.

Анализ факторов риска

Перечень факторов риска:

1. Перечень факторов риска, оказывающих влияние на безопасность пассажиров эскалатора во время работы или технического обслуживания, персонала во время технического обслуживания и инспекторов во время осмотра определен с помощью процедуры оценки риска рабочей группой РГ2 «Эскалаторы и пассажирские конвейеры» Технического комитета CEH/ТК 10 при разработке стандарта EN 115.

2. Требования по устранению факторов риска сформулированы в соответствующих пунктах стандарта EN 115. Перечень факторов риска, относящихся к эскалаторам, с указанием пунктов стандарта, в которых сформулированы соответствующие требования в соответствии с приведенной таблицей 7.

Таблица 7 - Факторы риска (стандарт EN 115, приложение B)

Факторы риска	Соответствующие пункты стандарта EN 115
Механические факторы	
Опасность удара	5.2.4, 6.2.1, 6.3.1.4, 7.3.1
Опасность трения и абразивного	0.1.1, 6.1,16.4

воздействия	
Разрушение (механизма или деталей механизма)	0.1.1, 0.1.2, 5.1.2, 5.3, 7.8, 8.2, 9, 12.3.2
Опасности, вызванные прекращением подачи энергии, поломкой деталей механизмов и другими функциональными нарушениями	
Отказ системы управления	12.4.2, 12.5, 12.8, 14.2.1, 14.2.2.4д
Ошибки монтажа	13.5.3, 13.5.4, 13.7
Опасности, вызванные отсутствием или неправильным расположением элементов конструкции или средств, обеспечивающих безопасность	
Защитные устройства	6.1, 14, 15.1.4

На основании всех пунктов стандарта EN 115 проведем анализ выполнения требований и по устранению опасностей с оценкой степени остаточного риска при оценке безопасности.

Опасность удара

1. Опасность удара возникает при транспортировании пассажиров (обслуживающего персонала, инспектора при осмотре) вблизи строительных конструкций или на эскалаторах, примыкающих друг к другу. Для исключения опасности удара необходимо соблюдение требований /2/ по расположению эскалатора относительно примыкающих конструкций.

2. Перечень требования по устранению опасностей по п.3.2.2.1

приведены в пунктах стандарта EN 115. Номера указанных пунктов перечислены в таблице, п.1.6.

3. Анализ выполнения требований по устранению опасностей по п. 3.2.2.1 с оценкой степени остаточного риска при оценке безопасности пассажиров, обслуживающего персонала и инспектора приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
5.2.4.	Выполнено: строительные конструкции гладкие, эскалаторы параллельные	III	E	IIE
6.2.1. 6.3.1.4	Выполнено: проходы и пути в машинное помещение имеют высоту не менее 1800 мм, высота в свету перед пультами управления не менее 2000 мм	III	0	0
7.3.1. п.6.17/3/	Выполнено: расстояние от края поручня до примыкающей стены более80 мм, расстояние по вертикали от уровня настила ступеней до потолка круглого тоннеля более 2000 мм; расстояние между краями поручней, примыкающих друг к другу эскалаторов не менее 120 мм	III	E	IIIE

Суммарная оценка по п.3.2.2. - удар при перемещении на эскалаторе маловероятен, общая оценка риска не выше IIIE.

Опасность трения и абразивного воздействия

1. Опасность трения и абразивного воздействия связана с образованием в узлах трения мельчайших частиц, способных образовать пылевые образования, которые могут оказать вредное воздействие на организм человека.

2. Перечень требования по устранению опасностей по п.3.2.3.1 приведены в пунктах стандарта EN 115. Номера указанных пунктов перечислены в таблице 7, п.1.7.

3. Анализ выполнения требований по устранению опасностей по п.3.2.3.1 с оценкой степени остаточного риска при оценке безопасности пассажиров, обслуживающего персонала и инспектора приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Выполнение требований по устранению опасностей

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
0.1.1	Выполнено: все составные части эскалатора включая тормозные обкладки не содержат асбестосодержащих материалов	IV	B	IVB
6.1	Выполнено: места скопления пылевидных частиц, результата абразивного износа, недоступны для посторонних лиц	IV	D	IVD
16.4	Выполнено: в инструкции по эксплуатации эскалатора указаны сроки периодического удаления пылевых отходов,	IV	B	IVB

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
	абразивного износа, предусмотрено, что обслуживающий персонал должен использовать при уборке респираторы			

Суммарная оценка по п.3.2.3. - опасность от воздействия результатов трения и абразивного воздействия несущественная, общая оценка риска не выше IVB

Разрушение (механизма или деталей механизма)

1. Разрушение эскалатора, его узлов и деталей возможно при использовании некачественных материалов, из-за конструкторских ошибок или заводского брака. Для исключения риска разрушения эскалатора или его узлов все ответственные элементы подвергаются испытаниям, качество материалов или покупных изделий подтверждается соответствующими сертификатами.

2. Перечень требования по устранению опасностей по п.3.2.5.1 приведены в пунктах стандарта EN 115. Номера указанных пунктов перечислены в таблице 7, п.1.9. 3.2.5.3 Анализ выполнения требований по устранению опасностей по п.3.2.5.1 с оценкой степени остаточного риска при оценке безопасности пассажиров, обслуживающего персонала и инспектора приведены в таблице10.

Таблица 10 - Выполнение требований по устранению опасностей

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
0.1.1	Выполнено: все составные части эскалатора имеют соответствующие размеры,	I	F	IF

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
	надежную конструкцию механических и электрических узлов и выполнены из материалов, обладающих достаточной прочностью и качеством			
0.1.2	Выполнено: все составные части эскалатора содержатся в исправном рабочем состоянии, изношенные детали подлежат замене при их износе более заданных нормативов	I	F	IF
5.1.2.	Выполнено: ограждающая конструкция имеет достаточную прочность, разрушение маловероятно	I	F	IF
5.3	Выполнено: несущая конструкция рассчитана на нагрузку от собственной и массы пассажиров 5000 Н/м^2 массы наибольшая расчетная стрела упругого прогиба не превышает 0.001 расстояния между опорами эскалатора	I	F	IF
7.8 3.6 /3/	Выполнено: поручень сертифицирован изготовителем на разрывную нагрузку40кН,	IV	D	IVD

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
	кроме того имеется блокировка остановки эскалатора при обрыве по поручня; запас прочности поручня более 5 (требование п.3.6 /3/)			
8.2 3.6,3.8	Выполнено: ступени обладают достаточной прочностью и жесткостью запас статической прочности ступени более 5 (требование п.3.6 /3/), статическая прочность подтверждена стендовыми испытаниями по п.3.8/3/, циклическая - при проведении динамических испытаний нагрузками согласно п.8.2.2.2 без образования трещин и остаточной деформации более 4 мм, измеренной у поверхности настила	I	F	IF
9 3.5-3.7	Выполнено: привод ступеней осуществляется двумя стальными цепями, расположенными с каждой стороны ступени; коэффициент запаса прочности цепи, определенный как отношение	I	F	IF

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
	разрушающей нагрузки цепи на разрыв к статическому усилию согласно п.3.5...3.7/3/ более 7			
12.3	Выполнено: для связи тяговых цепей с валом двигателя (тормоза) использованы нефракционные приводные элементы: зубчатые редукторы и втулочно-пальцевые муфты («применяются почти на всех отечественных эскалаторах»/5, с.42/) с фиксацией пальцев при помощи самоконтрящихся гаек. Вместо резиновых втулок применены высококачественные сайлент блоки автомобильной подвески с длительным сроком службы (более30 лет) в условиях больших динамических нагрузок	I	F	IF

Суммарная оценка по п.3.2.5 - повреждение пассажиров, персонала и инспектора от разрушения эскалатора и его узлов невероятно, общая оценка риска не выше IF.

Отказ системы управления

1. Потеря управления приводом эскалатора может привести к неожиданному пуску двигателя или неконтролируемому выбегу лестничного

полотна, что связано с риском падения пассажиров, образования толчеи у входной площадки при сходе с эскалатора, опасности травмирования пассажиров и их гибели. Для ликвидации данной опасности эскалатор оснащается рабочим и аварийным тормозами, обеспечивающими остановку лестничного полотна при любых неисправностях системы управления.

2. Перечень требования по устранению опасностей по п.3.6.3.1 приведены в пунктах стандарта EN 115. Номера указанных пунктов перечислены в таблице 7, п.5.3. 3.6.3.3 Анализ выполнения требований по устранению опасностей по п.3.6.3.1 с оценкой степени остаточного риска при оценке безопасности пассажиров, обслуживающего персонала и инспектора приведены в таблице 11.

Таблица 11- Выполнение требований по устранению опасностей

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
12.4.2 5.2.1 5.2.2, 5.2.3/3/	Выполнено: эскалатор снабжен тормозной системой, состоящей из рабочего и дополнительного тормозов тормоза нормально-замкнутого типа (встроены в двигатели независимых приводов) срабатывают немедленно после размыкания эл. цепи тормозной системы (время между по дачей сигнала от исполнительного устройства до наложения тормозных колодок на шкив не более 0.1 с); усилие торможения создается силой сжатой пружины;	I	F	IF
12.5	Выполнено: эскалатор	I	F	IF

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
5.2.5	оборудован автоматически действующими тормозами останавливающими эскалатор, работающий на спуск в случае превышения номинальной скорости лестничного полотна на 20% и более или в случае непреднамеренного изменения направления его движения			
12.8	Выполнено: подача питания тормоза прерывается двумя независимыми контакторами: механическим - K1 и электронным в частотном преобразователе. Эти контакторы включены последовательно в цепь питания, эл. двигателя привода. Если после остановки эскалатора один из них не разомкнется, повторный пуск эскалатора невозможен	I	F	IF
14.2.1	Выполнено: пуск эскалатора производится с помощью выключателя, доступного только для уполномоченного персонала; выключатели	III	E	IIIE

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
	расположены на пульте управления в машинном помещении, и на пульте в кабине гребенщицы с возможностью наблюдения за эскалатором; направление пуска задается предварительно и указано четко и ясно			
14.2.2.4. 1д	Выполнено: срабатывание аппаратов управления при превышении скорости и непреднамеренном изменении направления движения лестничного полотна обеспечивается при помощи устройства контроля скорости	III	E	IIIE

Суммарная оценка по п.3.6.3 - повреждения людей и оборудования из-за неисправностей системы управления маловероятны, общая оценка риска не выше IIIE.

Ошибки монтажа

1. При неправильном монтаже электрооборудования, подключении проводов в ином порядке, чем предусмотрено электросхемой, случайном соединении клемм возможны различные неисправности системы управления, короткие замыкания и т.п., которые могут привести к непредсказуемым последствиям. Для устранения данной опасности монтаж электрооборудования должен производиться в строгом соответствии с требованиями

конструкторской документации, для облегчения работы электриков провода и клеммы должны быть легко различимы и надежно соединены.

2. Перечень требования по устранению опасностей по п.3.6.4.1 приведены в пунктах стандарта EN 115. Номера указанных пунктов перечислены в таблице 7, п.5.4.

3. Анализ выполнения требований по устранению опасностей по п.3.6.4.1 с оценкой степени остаточного риска при оценке безопасности пассажиров, обслуживающего персонала и инспектора приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Выполнение требований по устранению опасностей

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
13.5.3	Выполнено: электроустановка снабжена указаниями для облегчения пользования(в виде надписей и табличек) соединения, клеммы, разъемы за исключением тех, которые предназначены для подачи напряжения к осветительным приборам расположены в шкафах управления, коробках или на пультах, предусмотренных для этих целей; клемм, остающихся под напряжением после отключения питания главным выключателем нет; для предотвращения механических повреждений кабелей при их	IIIE	E	IIIE

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
	входе в корпуса выключателей и приборов имеются соответствующие уплотнения на концах; при нахождении в одном и том же кабелепроводе жил с различным напряжении все кабели имеют изоляцию, рассчитанную на наибольшее напряжение			
13.5.4	Выполнено: разъемы и устройства со штепсельным соединением, снимаемые без специальных инструментов, имеют такую конструкцию, при которой их невозможно неправильно подключить	II	F	IIF
13.7	Выполнено: клеммы, случайное неверное соединение которых может привести к опасной неисправности эскалатора, четко разделены и пронумерованы	III	E	IIIE

Суммарная оценка по п.3.6.4 - повреждения людей и оборудования из-за неправильного монтажа маловероятны, общая оценка риска не выше IIIE.

Защитные устройства

1. Защитные устройства предохраняют пассажиров эскалатора и обслуживающий персонал в случаях возникновения различных опасностей.

2. Перечень требования по устранению опасностей по п.3.7.2.1 приведены в пунктах стандарта EN 115. Номера указанных пунктов перечислены в таблице 7, п.6.2.

3. Анализ выполнения требований по устранению опасностей по п.3.7.2.1 с оценкой степени остаточного риска при оценке безопасности пассажиров, обслуживающего персонала и инспектора приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Выполнение требований по устранению опасностей

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
6.1.	Выполнено: привод находится внутри лестничного полотна; огибающие участки лестничного полотна закрыты плитами перекрытий	I	F	IF
14 5.8/3/	Выполнено: эскалатор оборудован блокировочными устройствами, отключающими электродвигатель с остановкой лестничного полотна при: - обрыве, расстыковке тяговой цепи; - обрыве, чрезмерной вытяжке или остановке поручня; - попадании посторонних предметов в устье поручня;	III	E	IIIE

Пункт стандарта EN-115	Выполнение требований стандарта EN-115 и меры безопасности	Серьезность ущерба	Частота события	Оценка риска
	- срабатывании рабочего или дополнительного тормозов; - ударе о входную площадку; - воздействии на выключатели "стоп" - подъеме или опускании ступени перед входными площадками; - перемещении звездочек натяжной станции более 30 мм; - коротком замыкании, перегрузке потере фазы в силовых цепях и цепях управления; - при повышении температуры двигателя и масла в редукторе; - снижении уровня масла в редукторе. При срабатывании любого блокировочного устройства повторный пуск эскалатора возможен только после принудительного нажатия соответствующей кнопки на пульте системы управления.			

Суммарная оценка по п.3.7.2 - на эскалаторе имеются все требуемые виды предохранительные устройства, их выход из строя маловероятен, общая оценка риска не выше IIIE.

Вывод:

Выполненный анализ факторов риска показал, что эскалатор «ЭТХ» в части безопасности пассажиров, персонала при монтаже, техническом обслуживании и ремонте, инспекторов при осмотрах работает на безопасном уровне риска, снабжен всеми необходимыми средствами безопасности, включая блокировки и аварийные устройства, укомплектован необходимой оснасткой, приспособлениями и документацией, снабжен ограждениями всех видов и информационным материалом. Степень безопасности соответствует требованиям стандарта EN-115 /2/ и Правил устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов.

Переходим к разработке предложений по улучшению качества эскалатора «ЭТХ»

2.6 Предложения по улучшению качества эскалатора ЭТХ

При проведении квалиметрического анализа, эскалаторы типа «ЭТХ» являются конкурентоспособными на рынке эскалаторостроения.

В данной части дипломного проекта разберемся с основными недостатками эскалаторов «ЭТХ».

Аварийный тормоз

Отсутствие главного вала в эскалаторах «ЭТХ» действительно облегчает конструкцию самого эскалатора, но при этом возникает вопрос, о месте установки аварийного тормоза, которого до этого не было. Аварийный тормоз предназначен для автоматической остановки загруженного лестничного полотна в аварийных случаях, к которым относятся: разрыв связи в кинематической цепи привода между двигателем и ведущим тяговыми звездочками; случаи, когда рабочие тормоза не могут остановить и удержать лестничное полотно; нарушение магнитной связи в электродвигателе. Разрыв

связи в кинематической цепи привода может быть вызван поломкой отдельных деталей.

Аварийный тормоз в процессе нормальной эксплуатации эскалаторов не работает, но должен быть готов к немедленному автоматическому действию в любой момент при возникновении аварийных ситуаций.

По конструкции аварийный тормоз представляет собой дисковую фрикционную винтовую систему с электромагнитным приводом. Тормозное устройство расположено на главном приводном валу с внешней стороны тяговых звездочек.

Но у «ЭТХ» главного вала нет, поэтому необходимо во второй части дипломного проекта разработать вариант внедрения аварийного тормоза в конструкцию эскалатора «ЭТХ».

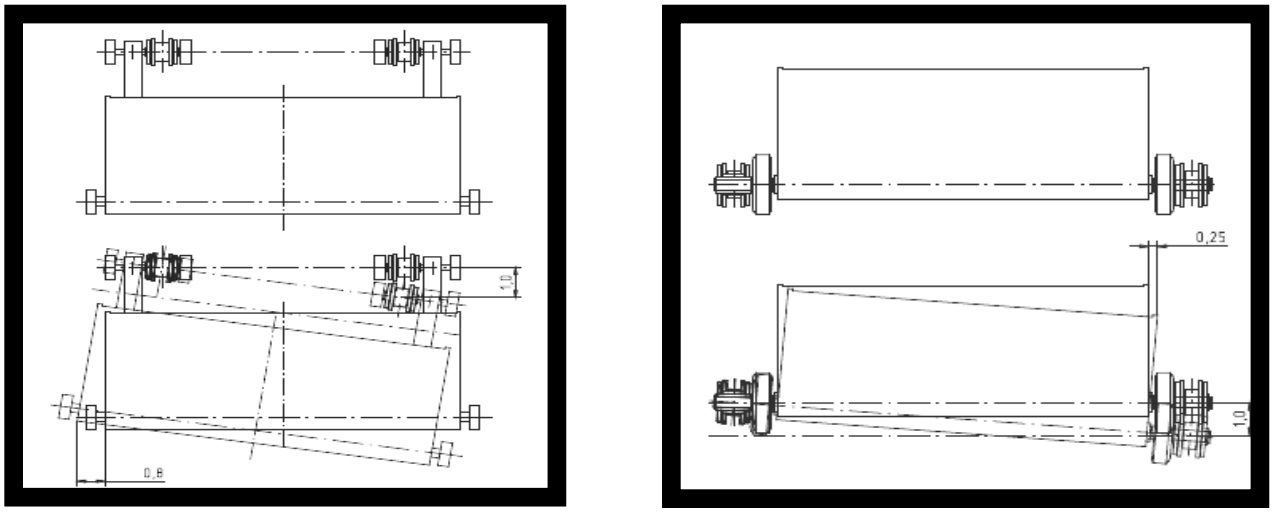
Настил ступени

Как мы уже выяснили, для эскалаторов «ЭТХ» применение приводной звездочки диаметром 551,6 мм позволило уменьшить габариты привода, поместить его между рабочей и холостой ветвями лестничного полотна, поменять местами основные и вспомогательные бегунки и внести тяговые цепи в габариты ступени.

Сразу отметим, что варианты расположения привода под лестничным полотном в наклонной части эскалатора перед верхним радиусным участком трассы лестничного полотна для уменьшения машинного помещения, а также расположение тяговых цепей под ступенями с целью сужения эскалатора бесперспективны с позиций реального эскалаторостроения. Приведем причину такого заключения.

Расположение тяговых цепей под ступенями эскалатора в случае соединения тяговых цепей со ступенями в месте расположения задних бегунков ступени приводит, при разнице вытяжки тяговых цепей, к перекосу настила ступени, соизмеримому с величиной смещения тяговых цепей относительно друг друга (Рис.5, а). При традиционном расположении тяговых цепей

смещение настила в четыре раза меньше величины относительного смещения тяговых цепей (Рис.6, б).



а) б)

Рис.5 - Схема величины перекоса настила ступени эскалатора при смещении тяговых цепей на условную единицу

Работа такого эскалатора на подъем вызовет неизбежный перекос лестничного полотна и врезание в гребенку входной площадки, т. е. аварию.

В классических эскалаторах тяговая цепь в месте расположения передних бегунков, а в «ЭТХ» в месте задних бегунков, что в свою очередь меняет целостность композиции ступени эскалатора. Если обратить внимание сразу на два рисунка, то видно, что при расхождении параллели тяговой цепи на 1,0 мм, степень перекоса настила у классических эскалаторах составляет 0,25 мм, а у «ЭТХ» почти в три раза больше, 0,8 мм.

Но все же для сохранения плоскостности ступеней эскалатора, рационально использовать демпфирующие втулки, которые крепятся в тяговых звездочках и в случае перекоса хотя бы на 1º, возвращают ступень в правильное исходное положение.

Привод

Привод у эскалатора «ЭТХ» выполнен с червячным редуктором KVZ87 AD4M1AB, который обеспечивает работу эскалатора «ЭТХ» довольно низким КПД и высоким уровнем шума. Необходимо рассмотреть предложения о замене

привода с червячным редуктором на привод ThyssenKrupp с гипоидно-цилиндрическим редуктором, с помощью которого возможен вариант снижения уровня шума и высокий КПД.

2.7 Вывод по разделу

В ходе аналитической главы познакомились с основными проблемами российского эскалаторостроения. Провели квалиметрический анализ 4-х типов отечественных эскалаторов, и на основании квалиметрического анализа получили результаты в пользу эскалатора типа «ЭТХ».

Узнали причинно-следственную связь посредством диаграммы Исикавы, а также, построили диаграмму Парето и провели FMEA-анализ эскалатора «ЭТХ», в результате чего установили, что эскалатор типа «ЭТХ» соответствует европейскому стандарту EN-115 и обеспечивают безопасность пассажиров, пребывающих на эскалаторе «ЭТХ».

Также в рамках аналитической части дипломного проекта разработали предложения по улучшению качества эскалатора «ЭТХ», которые реализуем в следующей части разработка мероприятий по повышению качества функционирования.

3. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

В данной части дипломного проекта разработаем меры по улучшению качества эскалатора «ЭТХ» на основании разработанных предложений.

3.1 Проект аварийного тормоза

Для эскалатора «ЭТХ» схему аварийного тормоза заимствуем у классических отечественных эскалаторов. Основные элементы аварийного тормоза и привода поручня не меняем, однако необходимо обеспечить достаточное усилие тормозных моментов. Для этого подбираем пакеты тарельчатых пружин, которые обеспечат усилие, необходимое для создания расчетных тормозных моментов и тормозные колодки, которые обеспечат достаточный запас по допускаемому удельному давлению и допускаемой удельной работе сил трения.

Восемь пар тормозных колодок установлены в пазах сепараторов . опирающихся на шпильки через втулки. Колодки зажаты между дисками при помощи восьми пакетов тарельчатых пружин (девять пружин в пакете), образуя по две поверхности трения на каждом диске. На дисках при пальцев закреплены храповики. Диски при помощи шпилек закреплена на ступицах , на которых установлены цевочные звездочки, входящие в зацепление стяговыми цепями лестничного полотна на рабочей и холостой ветви.

Звездочки закреплены на ступицах при помощи шпилек. Ступицы установлены на шлицах вала, концы которого опираются на сферические подшипники, установленные в стаканах на боковинах зоны. Кроме аварийного тормоза на валу через стаканы закреплены приводные шкивы поручня.

При нормальной работе эскалатора цевочные звездочки удерживают собственный вес рабочей и холостой ветвей лестничного полотна и через ступицы. Вал и стаканы передают крутящий момент на приводные шкивы поручня. Все детали аварийного тормоза вращаются с одинаковой угловой скоростью.

При возникновении аварийной ситуации, система управления подает сигнал на электромагнит, якорь которого втягивается и поворачивает тягу вместе с собачкой, зуб которой входит в зацепление с храповиком и останавливает вращение диска и тормозных колодок. Силы трения, возникающие между колодками и дисками тормозят вращение ступиц со звездочками 10 и останавливают движение лестничного полотна.

Регулировка величины тормозного момента осуществляется поджатием тарельчатых пружин 6 гайками на шпильках и контролируется по величине тормозного пути лестничного полотна в настроечном режиме- «спуск без нагрузки».

Собачки установлены на стяжке металлоконструкции зоны, соединенной тягами со стяжками для придания конструкции необходимой жесткости.

Расчет основных параметров тормоза

Исходные данные

Таблица 14 - Исходные данные для расчета аварийного тормоза

Наименование параметров и размерность			Величина
Требуемый тормозной момент, ДаН м	минимальныей	$M_т^{min}$	5000
	минимальныей	$M_т^{max}$	6000
Диаметр трения на тормозном диске, мм	минимальныей	D_{min}	480
	минимальныей	D_{max}	592
Количество	поверхностей трения на диске	$n_{тр}$	2
	тормозных дисков	z	2
Тормозная колодка (материал АГ 4)	коэфициент трения	$f_т$	0,3
	допустимое удельное давление, МПа	[q]	3,5
	площадь, $см^2$	F_k	72

Количество пар тормозных колодок на диске		n_k	8
Пружина 403 ГОСТ 3057-90	Диаметр наружный, мм	$D_н$	100
	Диаметр внутренний, мм	$D_в$	40
	Толщина, мм	t	4
	Ход, мм	S_3	3
	Усилие, даН при $0,8S_3$	$P_{0.8}$	2072
	Усилие, даН при S_3	P_{max}	2500
Количество	Пружин в пакете	$n_{тр}$	9
	Пакетов пружин	$n_{пак}$	8
Диаметр храпового колеса по центру зубьев, мм		$D_х$	656

Расчет основных параметров тормоза

Усилие прижатия тормозных колодок к диску N, необходимое для создания тормозного момента $M_т$ (для одного диска), равно

$$N = 2M_m / \left(z \cdot n_{mp} \cdot f_m \cdot D_{cp}\right), \quad (10)$$

Где z- количество тормозных дисков;

$n_{тр}$- количество поверхностей трения на диске;

$f_т$- коэффициент трения между тормозной колодкой и диском;

$D_{ср}$- средний диаметр трения, равный полусумме максимального D_{max} и минимального D_{min} диаметров трения на тормозном диске.

Усилия одного пакета тарельчатых пружин $N_{пр}$ и одной тормозной колодке $N_к$ равны

$$N_{пр} = N / n_{пак} \quad (11)$$

$$N_к = N / \ n_к \ , \quad (12)$$

Где $n_{пак}$ и $n_к$ – количество пакетов тарельчатых пружин и тормозных колодок на одном диске соответственно.

Ход пакета тарельчатых пружин для создания усилия $N_{пр}$

$$f = 0{,}8 \cdot S_3 \cdot n_{пр} \cdot \frac{N_{пр}}{P_{0{,}8}} , \quad (13)$$

Где S_3- ход пружины;

$N_{пр}$- количество пружин в пакете;

$P_{0,8}$- усилие пружины при сжатии на $0{,}8S_3$

Удельное давление на тормозной колодке

$$q = N_к / F_к , \quad (14)$$

Где $F_к$- площадь тормозной колодки

В качестве критерия износостойкости тормозных колодок принята допускаемая удельная работа сил трения, которая для тормозов подъмнотранспортных машин обычно задается равной [qV]= 5 МПа м/с.

Средняя удельная работа сил трения на трущихся поверхностях равна

$$qV = q V_{ср} , \quad (15)$$

Где $V_{ср}$- средняя скорость на поверхности трения при торможении, равная

$$V_{ср} = 0{,}5 \cdot V_н \cdot D_{ср} / D_{зв} , \quad (16)$$

Где $V_н$- номинальная скорость лестничного полотна ($V_н$ = 0,75 м/с);

$D_{зв}$ – делительный диаметр цевочной звездочки ($D_{зв}$ = 551,6 мм)

Усилие на каждой собачке храпового колеса равно

$$P_x = 2 M_m / (z D_x) , \quad (17)$$

Где z- количество тормозных дисков;

D_x- радиус храповика.

Таблица 15 - Результаты расчёта параметров аварийного тормоза

Наименование параметров и размерность		Величина при тормозном моменте	
		$M_т^{min}$	$M_т^{max}$
Тормозной момент, даН м	$M_т$	5000	6000

Наименование параметров и размерность			Величина при тормозном моменте	
Средний диаметр трения, мм		$D_{ср}$	536	
Сила трения на тормозных дисках, даН		$F_{тр}$	18656,7	22388,0
Усилие прижатия колодки к диску, даН		N	15547,2	18656,7
Усилие одного пакета пружин, даН		$N_{пр}$	1943,4	2332,1
Усилие на одной тормозной колодке, даН		$N_{к}$	1943,4	2332,1
Ход пакета тарельчатых пружин для создания усилия $N_{тр}$		f	20,26	24,31
Удельное давление на тормозной колодке, МПа	действующее	q	2,69	3,24
	допускаемое	[q]	3,5	
Средняя скорость на поверхности трения при торможении, м/с		$V_{ср}$	0,378	
Средняя удельная работа сил трения на трущихся поверхностях, МПа·м/с		qV	1,02	1,22
Допускаемая удельная работа сил трения, МПа·м/с		[qV]	5	
Усилие на собачке храповика, даН		P_{x}	7621,9	9123,4

Как показали результаты расчета, выбранные пакеты тарельчатых пружин обеспечивают усилия, необходимые для создания расчетных тормозных моментов. При этом, ход пакета пружин обеспечивает возможность его контроля и регулировки.

Выбранные тормозные колодки имеют достаточный запас по допускаемому удельному давлению и допускаемой удельной работе сил трения.

3.2 Устранение смещения настила ступени

Так как мы уже выяснили, что в следствии конструктивных изменений, перемещение ступеней сопровождается перекосом, в следствии чего это может привести к аварии из-за неправильного врезания ступени в гребенку.

Дело все в том, что последствие работы двух, параллельных между собой тяговых звездочек, несет за собой непараллельность тяги цевочной цепи. Каждая тяговая звездочка тянет цепь со скоростью, ничтожно отличающейся от скорости второй звездочки, но со временем скорость увеличивается, в следствии чего одна цевочная звездочка тянет ступень быстрее, чем вторая, в результате чего и происходит перекос ступени. Также различие зацепления тяговой цепи происходит из-за неконтролируемого шага цепи, тоесть есть небольшая погрешность в размере, что тоже в свою очередь вызывает неравномерность тяги.

Для того чтобы этого избежать сконструируем тяговую звездочку с демпфирующими втулками, которые обеспечат одинаковую скорость тяги цепи и плавное движение ступени без скоса.

Единственное изменение, которое претерпевает звездочка, это отверстий диаметром Ø $42H8^{(+0,039)}$ на размере Ø 400 мм. Отверстия сделаны специально для демпфирующих втулок, которые обеспечат четкое движение лестничного полотна.

Схема цевочной звездочки представляет собой сборочный узел из ступицы с насаженной на нее цевочной звездочкой. Демпфирующие втулки крепятся с помощью гильзы и гайкой с шайбами.

Втулки сделаны из полиуретана, достаточно гибкого и надежного материала, который может использоваться в агрессивных средах, в условиях больших знакопеременных нагрузок и температур.

Втулки обеспечивают работу цевочной звездочки с демпфирующей силой, которая увеличивается с увеличением амплитуды линейно и всегда направлена обратно направлению движения. Поэтому в случае, когда одна

цевочная звездочка опережает вторую, большая часть нагрузки приходится на эту звездочку и момент, создаваемый силами опережающей цевочной звездочки и демпфирующих втулок направлен к главной ступице, в этот период силы равны нулю, а значит вторая звездочка успевает догнать первую, тем самым устраняя перекос ступеней.

С точки зрения теории, такая сборка должна обеспечить эскалатор «ЭТХ» правильной и качественной работой в условиях тяговых усилий, при которых смещение настила ступени не наблюдается.

3.3 Замена привода

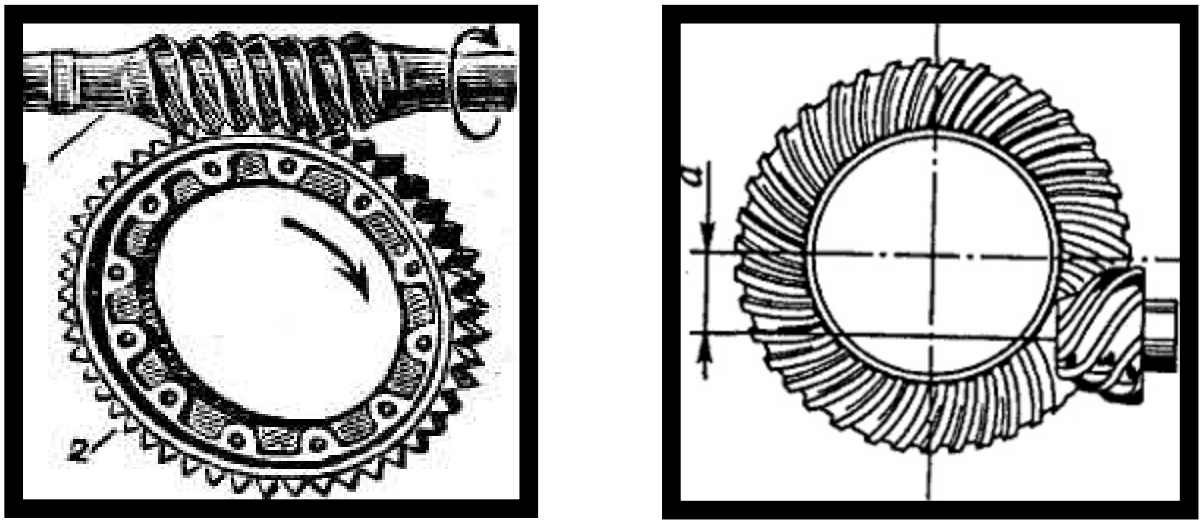
Малогабаритный встроенный привод внутри лестничного полотна, является характерной особенностью эскалатора «ЭТХ», имеющих благодаря этому уменьшенные габариты. Однако с уменьшением габаритов привода резко снизилась мощность двигателя, обеспечив тем самым снижение скорости лестничного полотна, что в свою очередь сопровождается снижением пропускной способности. А это противоречит заданным требованиям эскалатора «ЭТХ».

В силу этого рассмотрим вариант оснастки эскалатора другим качественным приводом с высоким КПД и мощностью двигателя.

Действительно, наиболее компактными и малошумными до недавнего времени считались приводы эскалаторов с червячными редукторами (Рис. 8 (а)). Для эскалаторов «ЭТХ» применяется привод с червячным редуктор KVZ87 AD4M1AB, но его основной недостаток низкий КПД, примерно 0,75…0,8.

Редуктор с гипоидным зациплением такой же компактный и малошумный, как привод с червячным редуктором, но более экономичный и обеспечивает высокий КПД.

Рассмотрим вариант замены привода с червячным редуктором KVZ87 AD4M1AB на привод ThyssenKrupp с гипоидно-цилиндрическим редуктором (Рис 8 (б)).



а) б)

Рис 8 - Схема передачи сцепления

а) схема червячной передачи (1-червячный вал, 2-червячное колесо), б) схема гипоидной передачи, где а- гипоидное смещение.

Червячная передача осуществляющаяся зацеплением червяка и сопряженного с ним червячного колеса, но такая передача обеспечивает сравнительно низкий КПД. В свою очередь гипоидная передача осуществляется коническими колесами (с косыми или криволинейными зубьями) со скрещивающимися осями (обычно 90°). Гипоидная передача имеет смещение по оси между большим и малым зубчатыми колесами. Данный тип передачи характеризуется повышенной нагрузочной способностью, плавностью хода и бесшумностью работы, а самое главное высокий КПД.

Расчет КПД и эффективность использования до и после замены привода

Коэффициент полезного действия (КПД) - безразмерная величина, характеризующая степень совершенства технического устройства в отношении осуществления в нем процессов передачи энергии. КПД показывает, какая часть суммарной подводимой энергии полезно используется в рассматриваемом устройстве» (Политехнический словарь под ред. А.Ю. Ишлинского М. 1989).

В результате многочисленных экспериментальных исследований, проведенных ВНИИПТМАШ и СКБЭ в годы социализма, выявлены потери в отдельных элементах эскалатора. Разработанные методики расчетов, ориентированные на применение ЭВМ, позволили уточнить все основные показатели, рассчитать диаграммы натяжений в тяговой цепи и поручне в различных режимах работы и, конечно, расходуемую мощность N.

Дальше определить КПД эскалатора не составляет труда – это отношение полезной мощности $N_П$ к затраченной.

$$\eta = N_П / N \qquad (18)$$

Применительно к эскалаторам полезная мощность $N_П$ (кВт) определяется суммарным весом пассажиров Q (Н), углом наклона эскалатора α и скоростью лестничного полотна V (м/с) по формуле:

$$N_П = Q\ V \sin \alpha / 1000 \qquad (19)$$

Как правило, указанные выше значения КПД подтверждаются при грузовых испытаниях эскалаторов. Проведем расчеты КПД при максимальной пассажирской нагрузке на лестничном полотне. Подсчет при меньших нагрузках дает меньшие значения КПД. Если же на эскалаторе нет пассажиров - он не совершает полезную работу, энергия, подводимая для приведение в движение механизмов затрачивается впустую, соответственно его КПД вообще равен нулю.

Практически КПД эскалатора – величина переменная, зависит от пассажирской нагрузки и показывает не столько «совершенство технического устройства» этой машины, сколько эффективность ее использования.

Анализ данных многочисленных грузовых тарировок эскалаторов, показал, что зависимость N= f(Q) (мощности, потребляемой электродвигателем привода, от нагрузки) для различных типов эскалаторов при работе на подъем можно представить прямой линией.

$$N = N_{XX} + (Q\ V \sin a / 1000\ k)$$

(20)

Мощность холостого хода N_{XX} и коэффициент увеличения потерь под нагрузкой k – величины постоянные, вот они то и характеризуют потери в механизмах эскалатора без нагрузки и под нагрузкой соответственно. Значения N_{XX} и k всегда можно получить в ходе грузовых испытаний, а по ним определить фактический КПД эскалатора при любой нагрузке по формуле, полученной при совместном решении уравнений.

$$\eta = 1 /[1/k + 1000\, N_{XX} / (Q\, V \sin \alpha)] \quad (21)$$

В ходе НИР были проведены тщательные грузовые тарировки с 6-10 ступенями нагружения заранее взвешенными группами людей или грузами, которые подтвердили наличие линейной зависимости между нагрузкой на лестничном полотне и потребляемой мощностью.

Оказалось, что мощность холостого хода N_{XX} довольно точно определяется в процентном отношении к номинальной мощности электродвигателя: для эскалаторов больших высот это отношение составляет 6-10%.

Значения коэффициентов k не выходят за пределы диапазона 0,72…0,87.

Характер зависимости КПД эскалатора от нагрузки на лестничном полотне рис.1 показывает, что эффективное использование этих машин начинается с уровня нагружения более 50% от максимальной пассажирской нагрузки $Q_э$. При меньших нагрузках КПД резко падает.

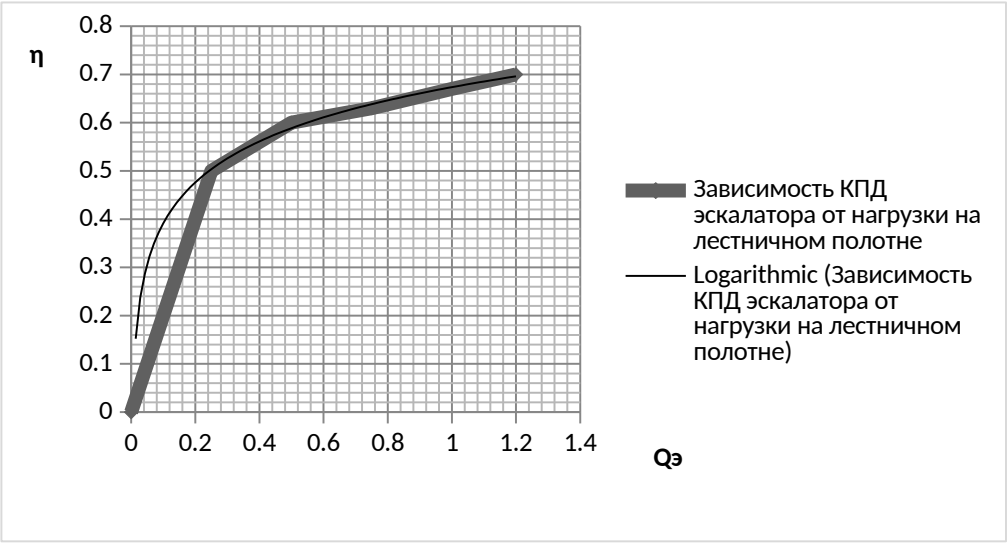


Рис. 9 - Зависимость КПД «ЭТХ» от нагрузски на лестничном полотне

Рачитаем КПД и эффективность использования для эскалатора «ЭТХ» до и после улучшени качества

Показатель КПД для эскалатора «ЭТХ»

$$\eta = 1 /[1/k + 1000\ N_{XX} / (Q\ V \sin \alpha)] \quad (22)$$

$$\eta = 1/ [1/0{,}718+1000\cdot 10{,}67/(230000\cdot 0{,}60\cdot 0{,}5)]= 0{,}634$$

Обратим внимание, что обычно, при работе эскалатора с червячным редуктором КПД равен примерно 0,75…0,8. Но при работе эскалатора «ЭТХ» скорость лестничного полотна ниже положенной, за счет чего показатель КПД очень низкий.

При замене на привод ThyssenKrupp с гипоидно-цилиндрическим редуктором КПД становится значительно выше:

$$\eta = 1 /[1/k + 1000\ N_{XX} / (Q\ V \sin \alpha)] \quad (23)$$

$$\eta = 1/ [1/0{,}869+1000\cdot 10{,}8/(230000\cdot 0{,}60\cdot 0{,}5)]=0{,}765$$

На основании расчетов можно сделать вывод что замена привода обеспечивает работу «ЭТХ» с высоким КПД.

Сравним КПД остальных эскалаторов, «Н-40», «ЛТ-2» и «ЭТ-2» по таблице, приведенной ниже.

Таблица 16 - Таблица значений КПД

	Тип эскалатора	Высота подъема, м	Скорость полотна, м/с	Нагрузка на полотне $Q_э$, *да*Н	Мощность, кВт	Мощность холостого хода N_{xx}, кВт	Коэффициент потерь, k	КПД эскалатора при нагрузке на полотне			
								$0,25Q_э$	$0,5Q_э$	$0,75Q_э$	$Q_э$
1	«Н-40»	30,6	0,75	14798	150	14,3 (9,5%)	0,745	0,481	0,585	0,630	0,685
2	«ЛТ-2»	42,5	0,75	27027	200	16,4 (8,2%)	0,862	0,617	0,719	0,761	0,784
3	«ЭТ-2»	45,2	0,75	24498	200	14,85 (7,4%)	0,809	0,585	0,679	0,718	0,738
4	«ЭТХ»	40,8	0,60	23000	110	12,67 (11,52%)	0,718	0,470	0,568	0,610	0,634
5	«ЭТХ$_у$»	40,8	0,60	23000	200	10,8 (5,4%)	0,869	0,563	0,683	0,735	0,765

Сравнив значения КПД всех типов эскалаторов, делаем вывод, что среди классических эскалторов, наиболее высокий уровень КПД у эскалатора «ЛТ-2» за счет высокой мощности и большой нагрузки на полотне. Если сравнить уровень качества работы эскалаторов, исходя из квалиметрического анализа, качество «ЛТ-2» на уровне среднего, а у «Н-40» довольно высокий. Парадокс, в том, что КПД зависит в основном от мощности. Высокая мощность привода может обеспечить высокий КПД, но не уровень качества эскалатора. Заменив привод с червячным редуктором на привод с гипоидным редуктором, возможен вариант высокого КПД.

Основной недостаток эскалаторов «ЭТХ»- низкая скорость лестничного полотна. Возможно, при замене привода скорость лестничного полотна «ЭТХ» сможет достигать 0,75 м/с, тогда КПД при такой работе будет равен 0,784.

3.4 Вывод по разделу

В ходе работы по реализации вопросов улучшения качества эскалатора «ЭТХ» познакомились с его основными недостатками, разработали предложения по устранению недостатков и реализовали их.

Условия улучшения качества выполнены на основании которых представили схему аварийного тормоза для эскалатора «ЭТХ», улучшили сборочный узел тяговых звездочек, обеспечив их демпфирующими втулками и произвели замену привода, увеличив показания КПД эскалатора «ЭТХ».

В ходе выполнения дипломного проекта познакомились с главной разработкой улучшенной модели российского эскалаторостроения, эскалатором типа «ЭТХ»

Провели маркетинговые исследования на российском рынке эскалаторостроения, в ходе чего установили низкую конкурентоспособность российских предприятий по производству эскалаторов по сравнению с зарубежными компаниями.

Провели квалиметрический анализ, в результате которого установили, что эскалатор типа «ЭТХ» является достойным типом эскалаторов с точки зрения современного эскалаторостроения.

В ходе FMEA- анализа установили, что степень безопасности эскалатора «ЭТХ» соответствует требованиям европейского стандарта EN-115.

На основании недостатков конструкции эскалатора «ЭТХ» разработали предложения по улучшению качества эскалатора «ЭТХ» и реализовали их в качестве мер по улучшению качества эскалатора «ЭТХ». Рассмотрели вариант установки аварийного тормоза в конструкцию эскалатора «ЭТХ», снабдили тяговые звездочки демпфером для устранения смещения настила ступеней и рассмотрели вариант замены привода с целью повышения КПД.

С точки зрения современного мирового эскалаторостроения, эскалатор «ЭТХ» является достойным типом среди всех эскалаторов. Но учитывая современный мировой рынок, эскалатор «ЭТХ» не способен ответить всем уровням качества, надежности и безопасности. Наш технический прогресс требует особого внимания для достижения поставленной задачи- выход на мировой уровень. Необходимо больше внимания уделять качеству изготавливаемых изделий, постоянно повышая его. Во всех западных предприятиях качество стоит на первом месте. Для того чтобы на российском рынке возник шанс выхода на мировой рынок, необходимо также отдавать приоритет качеству.

СИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Поминов, И. Н. Эскалаторы/ И. Н. Поминов, А. М. Олейник. – М: Машиностроение, 1973. – 320с.
2. Клячкин, В. Н. Статистические методы в управлении качеством/ В. Н. Клячкин. – М: Инфра-м, 2009. – 304с.
3. Ершов, А. К. Управление качеством/А. К. Ершов. – М: Логос, 2008. – 287с.
4. ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007 Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методология
5. ГОСТ Р 51334-99 Безопасность машин. Безопасные расстояния для предохранения верхних конечностей от попадания в опасную зону
6. ГОСТ Р 51336-99 Безопасность машин. Установки аварийного выключения. Функции. Принципы проектирования
7. ГОСТ Р 54765-2011 (ЕН 115-1:2010). Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Требования безопасности к устройству и установке
8. ГОСТ Р МЭК 60204-1-2007 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования
9. ГОСТ Р 53387-2009 (ИСО/ТС 14798:2006) Лифты, эскалаторы и пассажирские конвейеры. Методология анализа и снижения риска
10. ГОСТ Р 55270-2012 «Система менеджмента качества. Рекомендации по применению при разработке и освоении инновационной продукции». М.
11. ГОСТ Р 55968-2014 (ЕН 115-2:2010) Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Повышение безопасности находящихся в эксплуатации эскалаторов и пассажирских конвейеров
12. Мишин, В.М. Управление качеством. Издательство: - М.: Юнити-Дана, 2005 – 463 с.

13. Милова, В. М. Всеобщее управление качеством/ В. М. Милова, Е. Г. Семёнова. – С-Пб: Издательство ГУАП, 2010. – 126с.