

УДК 004.891.2

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИВОДОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ МЕЛЬНИЦ

Трошина Анна Геннадьевна

*Аспирант 1 года,
кафедра «Автоматизированные станочные системы»,
Тульский государственный университет*

*Научный руководитель Трушин Н.Н.,
доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные станочные системы»*

Данная статья посвящена вопросам автоматизации проектов модернизации приводов цементных мельниц, оценке качества альтернативных проектных вариантов и компоновки нового привода в рамках существующей производственной площадки цементного предприятия. Решение указанных задач осуществляется на основе методов теории систем и системного анализа, теории принятия решений, метода экспертных оценок, морфологического анализа и синтеза, кластерного анализа.

В нашей стране на предприятиях различных отраслей промышленности сложилась в настоящее время ситуация, связанная с устареванием различной техники, выходом ее из строя вследствие износа и нехваткой финансовых средств для обновления парка машин. Особо остро эта проблема ощущается в цементной промышленности.

Цементная промышленность является базовой в комплексе отраслей, производящих строительные материалы. Цемент и изготавливаемые из него бетон, железобетон, строительные растворы являются основными строительными материалами, которые повсеместно используются в строительстве. При этом цемент остается относительно простым, универсальным и дешевым продуктом, потребление которого неизменно растет, заставляя предприятия производить больше и постоянно наращивать производственные мощности. Это подтверждает, что цементная промышленность и машиностроительные предприятия неделимы.

По состоянию на 2009 год в России расположены 52 действующих цементных завода общей мощностью 65 млн. т цемента в год, большинство из которых характеризуется высоким уровнем физического износа производственных мощностей, низкими показателями экологической безопасности производства.

Начатое в 2007-2008 годах строительство большого количества новых линий столкнулось из-за глобального финансово-экономического кризиса с рядом взаимосвязанных тормозящих причин: с одной стороны, с отсутствием доступного финансирования; с другой, в связи с резким падением спроса на цемент – с профицитом его производства, снижением цен и рентабельности производства, с отсутствием экономической целесообразности запуска этих новых производств. Естественно, в данной ситуации очень актуальным является вопрос сохранения имеющегося производственно-технического потенциала предприятия, надежности работы оборудования, особенно в сезон максимального спроса на цемент.

Постоянно растущая конкуренция требует от компаний – производителей сокращать расходы на производство, непрерывно увеличивать производительность и качество продукции, сокращать период времени от планирования продукта до его появления на рынке и использовать оптимальные с точки зрения охраны окружающей среды производственные процессы и технологии, основанные на оптимальном использовании сырья и энергетических ресурсов. Для достижения этих целей должна

происходить непрерывная оптимизация всех процессов, а также модернизация и расширение установок и систем.

В связи с динамичным развитием экономики в нашей стране, увеличением производства продукции в ведущих отраслях промышленности и увеличением вложений в капитальное и жилищное строительство год от года в начале этого века рос спрос на цемент, поэтому перед цементной промышленностью стояли такие задачи, как:

- Безаварийная эксплуатация работающих мощностей.
- Модернизация цементных заводов с переводом линий обжига клинкера на энергосберегающий сухой способ производства.
- Капитальное строительство и ввод в эксплуатацию новых мощностей цементных заводов.
- Подготовка квалифицированных кадров, в том числе, ремонтных служб и специалистов в области диагностики, инструментальной выверки и механической наладки всех видов технологического оборудования.

Фактическая тенденция в настоящее время, таким образом, заключается в оптимизации существующих цементных заводов в целях расширения их возможностей, обеспечения качества производства цемента. Кроме того, новые правила охраны среды и экономия энергии рассматриваются в качестве приоритетных вопросов в цементной промышленности.

Можно выделить следующие типы приводов:

- Венцовый (S_1);
- Безредукторный (S_2);
- Смещенный с правым расположением (S_3);
- Смещенный с левым расположением (S_4);
- Центральный с планетарным редуктором (S_5);
- Центральный с редуктором типа «Симметро» (S_6);
- Вертикальный (S_7).

В качестве критериев классификации выберем следующие критерии функционального назначения:

Z_1 – тип мельницы (1 – горизонтальная, 0 – вертикальная);

Z_2 – взаимное расположение осей двигателя и мельницы (1 – центральный, 0 – нецентральный);

Z_3 – наличие передаточных механизмов (1 – редукторный привод, 0 – безредукторный);

Z_4 – тип передачи (1 – планетарный редуктор, 0 – прочие виды, в том числе цилиндрические редукторы и безредукторные приводы);

Z_5 – расположение привода относительно мельницы (1 – классический привод, 0 – перефирический привод).

В результате получаем следующую матрицу образов.

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
Z_1	1	1	1	1	1	1	0
Z_2	0	1	0	0	1	1	1
Z_3	1	0	1	1	1	1	1
Z_4	0	0	0	0	1	0	1
Z_5	0	1	1	1	1	1	0

Далее проведем анализ мер сходства, для чего рассчитаем меры сходства сходства по формуле Чекановского-Серенсена:

$$C(S_i, S_j) = \frac{2 \sum_{k=1}^p x_{ki} x_{kj}}{\sum_{k=1}^p x_{ki} + \sum_{k=1}^p x_{kj}}$$

В результате получаем матрицу сходства. Для получения классификации воспользуемся методом кластерного анализа. Сначала находятся наиболее схожие альтернативы, путем отыскания максимального элемента матрицы, расположенного не на диагонали. Поскольку матрица мер сходства симметрична относительно главной диагонали, можно рассматривать только половину, лежащую выше главной диагонали. Если таких элементов несколько, то выбирается любой. Найденный элемент лежит на пересечении строки и столбца определенных альтернатив, которые в результате объединяются, а матрица перестраивается.

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
S_1	1	0,40	0,80	0,80	0,57	0,67	0,40
S_2	0,40	1	0,67	0,67	0,75	0,86	0,33
S_3	0,80	0,67	1	1	0,75	0,86	0,33
S_4	0,80	0,67	1	1	0,75	0,86	0,33
S_5	0,57	0,75	0,75	0,75	1	0,89	0,75
S_6	0,67	0,86	0,86	0,86	0,89	1	0,57
S_7	0,40	0,33	0,33	0,33	0,75	0,67	1

Объединяем элементы S_3 и S_4 , получаем матрицу:

	S_1	S_2	$S_{3,4}$	S_5	S_6	S_7
S_1	1	0,40	0,80	0,57	0,67	0,40
S_2	0,40	1	0,67	0,75	0,86	0,33
$S_{3,4}$	0,80	0,67	1	0,75	0,86	0,33
S_5	0,57	0,75	0,75	1	0,89	0,75
S_6	0,67	0,86	0,86	0,89	1	0,57
S_7	0,40	0,33	0,33	0,75	0,67	1

Объединяем элементы S_5 и S_6 , получаем матрицу:

	S_1	S_2	$S_{3,4}$	$S_{5,6}$	S_7
S_1	1	0,40	0,80	0,67	0,40
S_2	0,40	1	0,67	0,86	0,33
$S_{3,4}$	0,80	0,67	1	0,86	0,33
$S_{5,6}$	0,67	0,86	0,86	1	0,75

S_7	0,40	0,33	0,33	0,75	1
-------	------	------	------	------	---

Объединяем элементы $S_{3,4}$ и $S_{5,6}$, получаем матрицу:

	S_1	S_2	$S_{3,4,5,6}$	S_7
S_1	1	0,40	0,80	0,40
S_2	0,40	1	0,86	0,33
$S_{3,4,5,6}$	0,80	0,86	1	0,75
S_7	0,40	0,33	0,75	1

Объединяем элементы S_2 и $S_{3,4,5,6}$ получаем матрицу:

	S_1	$S_{2,3,4,5,6}$	S_7
S_1	1	0,80	0,40
$S_{2,3,4,5,6}$	0,80	1	0,75
S_7	0,40	0,75	1

Объединяем элементы S_1 и $S_{2,3,4,5,6}$, получаем матрицу:

	$S_{1,2,3,4,5,6}$	S_7
$S_{1,2,3,4,5,6}$	1	0,75
S_7	0,75	1

В результате получается два кластера. Теперь можно построить дендрограмму (рис.1).

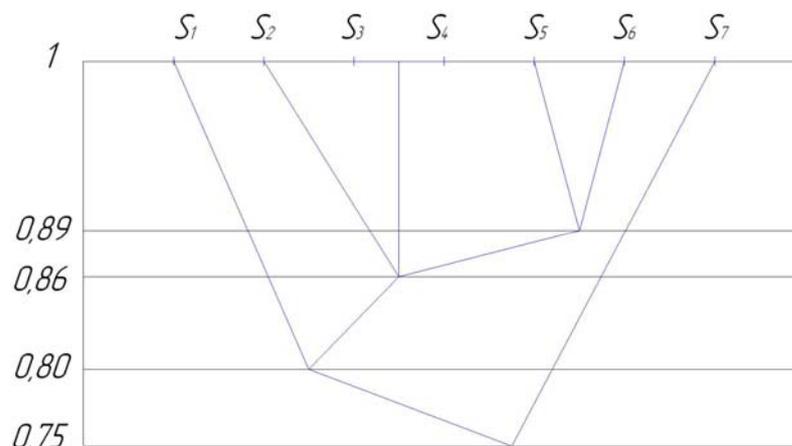


Рис. 1. Дендрограмма сходства приводов

Таким образом, получаем следующую классификацию приводов (рис. 2.2).

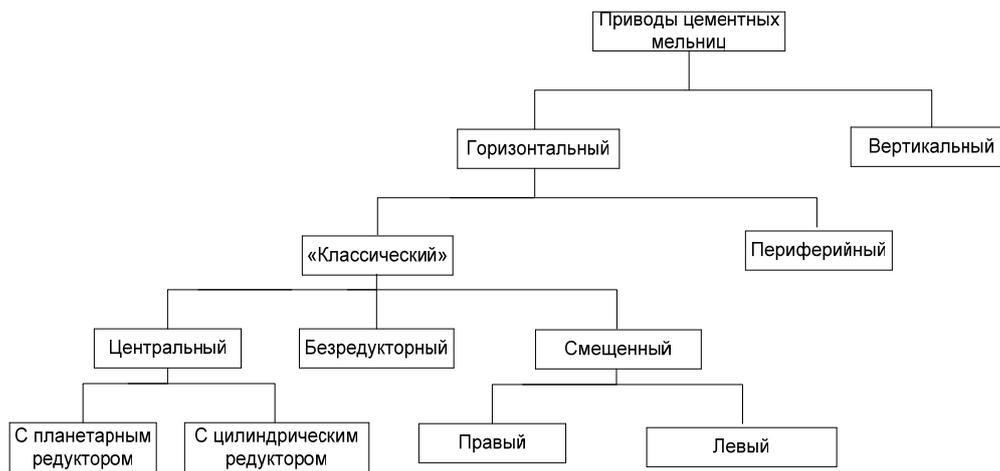


Рис. 2. Классификация приводов

Исходным материалом при производстве цемента является клинкер – полуфабрикат, представляющий собой спечённую смесь известняка и глины (или шлака). После спекания клинкер подвергается измельчению, для чего используются цементные мельницы.

На цементных заводах применяются два основных типа цементных мельниц: вертикальные и горизонтальные. На территории бывшего СССР в основном применяются горизонтальные шаровые мельницы. Вертикальные валковые мельницы, хотя и являются более компактными, распространения не получили и только в последние годы они начали широко применяться при строительстве новых цементных линий.

Материал в вертикальной мельнице перемалывается между вращающимся помольным столом и неподвижными помольными валками. Помол происходит под воздействием силы давления и силы трения. Под действием центробежной силы материал перемещается по помольному столу и попадает под воздействие подпружиненных помольных валков, под которыми происходит измельчение материала.

Горизонтальная шаровая мельница непрерывного действия предназначена для помола предварительно измельченных сырьевых и строительных материалов малой и средней твердости с помощью мелющих тел.

Шаровая мельница барабанного типа состоит из вращающегося барабана, в корпус которого засыпаны металлические шары, служащие измельчительной средой.

В России и странах СНГ действует наибольшее количество шаровых цементных мельниц следующих четырех типоразмеров.

1. Мельница с размерами $\text{Ø}3 \times 14$ м и массой в пределах 88 ... 92 т и центральным расположением главного привода. Приводной синхронный электродвигатель имеет мощность 1600 кВт и скорость вращения вала 1000 мин^{-1} . Таких мельниц в нашей стране по официальным данным действует 135.

2. Мельница с размерами $\text{Ø}3,2 \times 15$ м массой порядка 102 т с нецентральной (смещенным) расположением главного привода. Мощность приводного электродвигателя – 2000 кВт при скорости вращения вала 100 мин^{-1} . Таких мельниц в нашей стране по официальным данным действует 231.

3. Мельница с размерами $\text{Ø}2,6 \times 16$ м массой в пределах 66 ... 99 т с центральным или со смещенным расположением привода, электродвигателем мощностью 1000 кВт и скоростью вращения вала двигателя 1000 мин^{-1} . Мельниц такого типа в нашей стране по официальным данным действует 181.

4. Мельница с размерами $\text{Ø}4 \times 13,5$ м массой порядка 140 т с центральным расположением привода, электродвигателем мощностью 3150 кВт и скоростью вращения вала двигателя 500 мин^{-1} . Таких мельниц в нашей стране по официальным данным действует 182.

Вертикальных цементных мельниц в России практически нет. В связи с этим фактом наиболее важно рассматривать редукторы для горизонтальных мельниц.

Вся деятельность в отношении производства редукторов может быть разделена на три направления:

- проектирование нового завода с "чистого листа" («green field»);
- проектирование цементной линии группой компаний (метод OEM – Original equipment manufacturer), когда редуктор входит в состав поставки оборудования для целой цементной линии, осуществляемой крупными производителями мельниц;
- замена (реновация) имеющегося привода.

В связи со сложным финансовым положением многих компаний из-за мирового финансово-экономического кризиса запуск новых линий приходится отложить на неопределенный срок и наиболее перспективным является сейчас именно замена приводов.

Техническое состояние основного оборудования цементных заводов: вращающихся печей обжига, мельниц помола, эксплуатируемых 40 лет и более, характеризуется высоким уровнем износа и, в первую очередь, всей механической части: бандажей, роликов, корпуса и приводов. Эти проблемы связаны с тем, что:

- в 90-е годы была разрушена централизованная система технического обслуживания и снабжения запасными частями и материалами;
- проведение качественных ремонтно-восстановительных работ силами заводских служб из-за недофинансирования и малочисленности весьма затруднительно.

Актуальным является вопрос сохранения имеющегося производственно-технического потенциала предприятия, надежности работы оборудования, особенно в сезон максимального спроса на цемент.

Так как типичная мощность мельничного привода составляет тысячи киловатт, то такой привод в целом и отдельные его элементы являются уникальными техническими изделиями, изготавливаемыми на предприятиях тяжелого машиностроения. Очевидно, что методы проектирования и модернизации таких приводов существенно отличаются от традиционных методов, разработанных для приводов малой и средней мощности (от 1 до 200 кВт). Модернизация мельничного привода чаще всего связана с заменой изношенного редуктора на новый. При этом неизбежно возникают задачи оптимального выбора нового редуктора и его адаптации к существующей производственной площадке цементного завода. Могут возникать также задачи замены приводного электродвигателя и модернизации элементов оборудования, сопрягаемых с новым редуктором. Эффективное решение указанных задач возможно на основе современных достижений информационной технологии. Таким образом, цель данной научно-исследовательской работы состоит в создании компьютерной системы для автоматизации решения задач, связанных с созданием проекта модернизации приводов стационарных технологических машин (цементных и сырьевых мельниц, прокатных станов, вращающихся печей и др.) большой и сверхбольшой мощности.

В соответствии с поставленной целью решение общей задачи модернизации привода цементной мельницы содержит следующие ключевые этапы.

1. Во-первых, необходимо выявить все причины модернизации привода. К основным причинам замены старого редуктора мельничного привода на редуктор новый можно отнести следующие:

- замена старых редукторов в связи с энергетической и экономической неэффективностью их использования;

- замена редукторов по причине достижения критического физического износа;
- замена редукторов в связи с необходимостью повышения производительности технологического процесса производства цемента.

В зависимости от причины замены, которая тесно связана с типом используемого привода, необходимо сгенерировать алгоритм модернизации мельничного привода непосредственно на производственной площадке. В некоторых случаях модернизация привода может оказаться шире, чем замена редуктора, и потребовать замену приводного электродвигателя и доработку конструкции мельницы.

Согласно нормативной техдокументации, эксплуатирующиеся сейчас редукторы старых поколений требуют замены зубчатых передач – первой ступени через 3–5 лет, второй ступени – 5–8 лет, третьей – 8–10 лет. Фактически, из-за интегрального накопления износа как самими зубчатыми передачами (хорошее колесо работает в паре с уже изношенным, попадание продуктов износа в смазку), так и подшипниками, и даже корпусами редукторов (характерный пример – разрыв корпуса редуктора на Липецком цементном заводе летом 2005 года), происходит снижение нормативных сроков службы зубчатых передач приблизительно в 2 раза. Таким образом, только бюджет на заказ запасных частей для старых редукторов, сделанных по старым технологиям, в 2–3 раза более металлоемким, чем современные редукторы, за 3–4 года сравнивается по стоимости с ценой нового современного редуктора.

Очень часто российские производители цемента при анализе не учитывают фактор потерь от простоев, так как проводят плановые ремонты в зимний период с наименьшим потреблением цемента, когда можно безболезненно для производства остановить мельницу. Однако опыт показывает, что аварии старых редукторов в летний период происходят сейчас все чаще, а сложность, продолжительность и стоимость ремонтов становятся все выше. В результате надежность работы оборудования становится для предприятия решающим фактором, если учесть то, что в случае поломки старого редуктора потери из-за невыпуска продукции вследствие одной-двух недель простоя цементной мельницы соизмеримы с полной стоимостью нового комплекта для замены привода.

В отдельных случаях редукторы требуют замены из-за технических неисправностей, не подлежащих устранению из-за несоизмеримо больших финансовых и технических затрат на ремонт. Например, для отливки корпуса редуктора требуется специальная модельная оснастка, предприятие-изготовитель давно перепрофилировано, изготовить новую оснастку дорого и долго. Замена по этой причине происходит в случае пренебрежения факторами, описанными выше.

Еще одной причиной замены редуктора является увеличение производительности линии помола. Часто производится замена корпуса мельницы на больший типоразмер, что в свою очередь требует соответственно и увеличения мощности электродвигателя, увеличения мощности, передаваемой редуктором, изменения передаточного отношения, т. к. при изменении диаметра барабана мельницы изменяется и необходимая скорость вращения барабана, а новый электродвигатель также может иметь отличную от старого скорость вращения.

2. Второй этап состоит в формализации процессов оптимального выбора типа нового привода для конкретных производственных условий цементного завода. Здесь проводится анализ существующих проектных решений, их применимости и реализуемости на практике, морфологический анализ структур альтернативных приводов с последующим синтезом новых проектных решений. Затем необходимо провести квалитетическую оценку проектных решений в соответствии с установленными критериям качества привода.

В современных технико-экономических условиях сложились такие обстоятельства, что в процессе модернизации мельничного привода принимают

участие три стороны. К ним относятся: клиент (или заказчик), производитель (или поставщик) и агент (или посредник).

Клиент – цементное предприятие с цементной мельницей, которая уже исчерпало или почти исчерпало свой технический ресурс.

Производитель – фирма, занимающая производством и поставкой приводов цементных мельниц, в первую очередь такого компонента, как редуктор. Здесь следует отметить, что не всегда данная фирма производит все компоненты привода цементной мельницы, однако заказ дополняющих редуктор товаров – узлов привода, особенно поиск производителей нецелесообразен для всех сторон. Таким образом, фирмы-производители различных компонентов цементного привода имеют взаимные контракты, обеспечивающие как и точное соответствие элементов заказа друг другу, так и выгоды для всех участников сделки.

Агент – представитель производителя, осуществляющий функции посредника между двумя вышеуказанными сторонами в процессе совершения сделки и исполнения контракта на модернизацию привода.

При возникновении на предприятии клиента необходимости модернизации старого оборудования, клиент начинает рассматривать различные предложения поставщиков. В большинстве случаев, крупные производители редукторов и другого оборудования для привода не хотят работать напрямую с российскими производителями цемента из-за плохой репутации российской экономики в целом. В этом случае роль посредника в данном вопросе берет на себя агент – чаще официальный представитель (дилер) поставщика, однако иногда в его роли может выступать сторонняя проектная организация.

Особо следует остановиться на роли агента. Кроме указанной выше причины для организации такой системы взаимодействия между клиентом и производителем, следует отметить следующие моменты. Производители обычно представляют свою продукцию на мировом рынке, и имеют в штате сотрудников, занимающихся каждым региональным рынком нецелесообразно, для чего и создается дилерская сеть. Кроме того, необходимо уделить достаточное внимание и понимание клиенту, быстро и своевременно реагировать на его вопросы. В этих условиях агент, представляющий производителя на сравнительно небольшом рынке, берет эту заботу на себя. Он обладает полномочиями, достаточными чтобы в большинстве случаев решать возникающие проблемы с клиентом самостоятельно, обращаясь к производителю только в экстренных случаях.

В целях формализации процедуры компоновки нового привода на производственной площадке цементного завода необходимо определить, какие дополнительные исходные данные необходимо собрать у участников проекта, установить взаимосвязи между данными и определить целевую функцию, позволяющую выбрать наиболее подходящий тип привода. Для выявления последней необходимо провести анализ и сформулировать критерии оценки качества приводов цементных мельниц. Укрупненно основные варианты модернизации приводов представлены на рис. 3.



Рис. 3. Основные варианты модернизации приводов.

В настоящее время был проведен морфологический анализ вариантов замены приводов, на основе которого было выявлено, что наилучшим является вариант замены привода на центральный привод с планетарным редуктором.

3. На основе результатов предыдущих этапов осуществляется разработка математической модели и алгоритма выбора нового привода и размещения его на существующей производственной площадке. Разработанные алгоритмы реализуются в виде программ автоматизированной системы для персонального компьютера, комплексно решающей указанные задачи на основе исходных данных из технического задания на модернизацию привода.

Область применения разрабатываемой автоматизированной системы – проектные отделы при осуществлении замены привода или его отдельных компонентов.

Так как в процессе модернизации участвует несколько сторон, то следует разработать программно-методическое обеспечение, учитывающее интересы всех участников, и предлагающее каждому из них определенный набор возможных операций с компьютерной системой.

Весь процесс модернизации можно представить состоящим из следующих этапов:

1. Заключение контракта
2. Разработка технического задания на модернизацию
3. Разработка проекта привода
 - Эскизного
 - Технического
 - Рабочего
4. Изготовление и испытание привода
5. Монтаж, испытания на месте и ввод в эксплуатацию

Рассмотрим выполненную по методологии IDEF функциональную модель процесса модернизации привода (рис. 4). В процессе принимают участие, как уже упоминалось, три организации: клиент, производитель и агент. Производство редукторов и узлов привода является единичным, под конкретный заказ, поэтому предприятие-изготовитель выполняет необходимые процедуры расчета и проектирования для каждого заказчика, часть из которых он доверяет провести агенту.

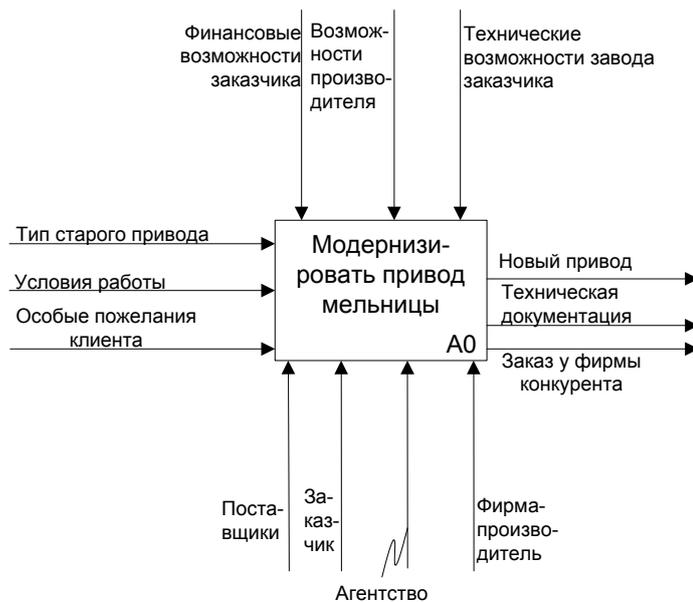


Рис. 4. IDEF0-диаграмма процесса модернизации

Декомпозиция этого блока представлена на рис. 5.

В блоке A01 представлен процесс заключения контракта с заказчиком. На вход процессу подаются данные о типе старого привода, условиях его работы (условия окружающей среды и режимы работы оборудования в часах в год) и об особых пожеланиях клиента, к которым относятся комплектность поставки, требования к адаптации уже имеющихся узлов привода к новым узлам, к условиям поставки и пуска редуктора, распределения рисков, гарантии. Основными данными, поступающими от клиента, на данном этапе являются технические параметры редуктора: передаваемый крутящий момент, частоты вращения на входе и выходе. Именно на этом этапе происходит выбор типа редуктора, который осуществляется агентом на основе данных от производителя.

Для модернизации приводов мельниц у поставщика имеются типовые проекты редукторов, которые выбираются в зависимости от мощности двигателя и скорости вращения мельницы.

Далее заключаются два контракта: между заказчиком и агентом и между агентом и производителем. В процессе подготовки контракта и предложений, получив начальный запрос от клиента, агент начинает его прорабатывать и анализировать и затем направляет поставщику развернутый запрос, где указываются варианты, которые можно предложить заказчику, учитывая его требования и технические параметры старого привода. Производитель редуктора предоставляет агенту ответное предложение, которое, если оно удовлетворяет всем условиям, перенаправляется клиенту.

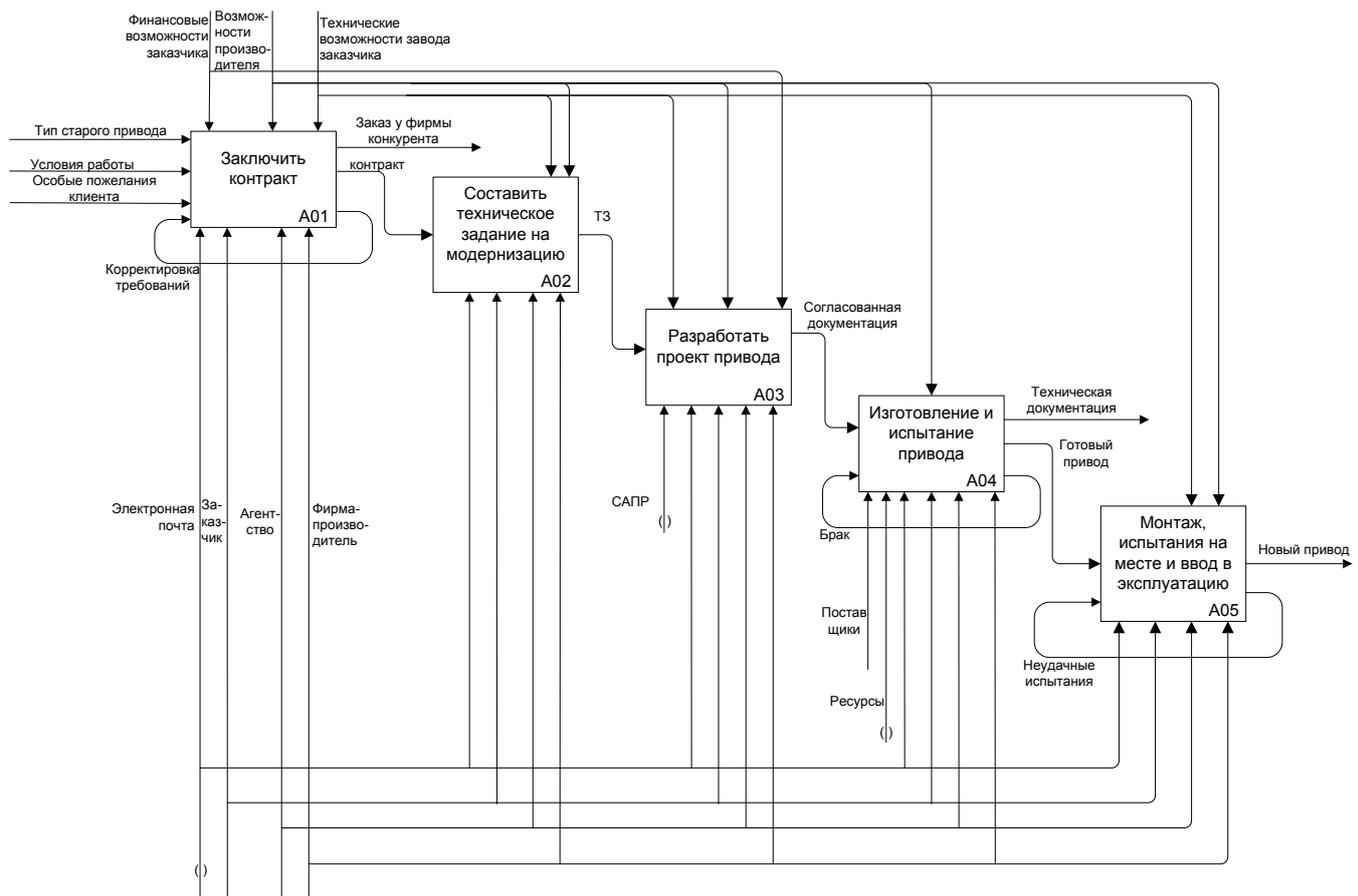


Рис. 5. IDEF0-диаграмма процесса модернизации

Подписанный контракт поступает на вход процессу разработки технического задания, представленному блоком A02, на выходе которого создается техническое задание на модернизацию привода, составленное совместно представителями заказчика, производителя и агента. В обязанности агента на этом этапе входит:

- осуществление связи российской фирмы с зарубежным партнером
- проведение первичной оценки на основании анализа данных и запросов клиента возможности выполнения того или иного задания.

Все три фирмы в общем случае находятся довольно далеко друг от друга и организация личных встреч между сторонами – весьма затратное мероприятие, в связи с чем весь процесс обсуждения, выдвижения новых и изменения старых требований выполняется с применением электронных средств передачи информации. Разработанное техническое задание передается на вход процессу непосредственного проектирования нового привода. Более детально данный процесс показан на функциональной схеме (рис. 6)

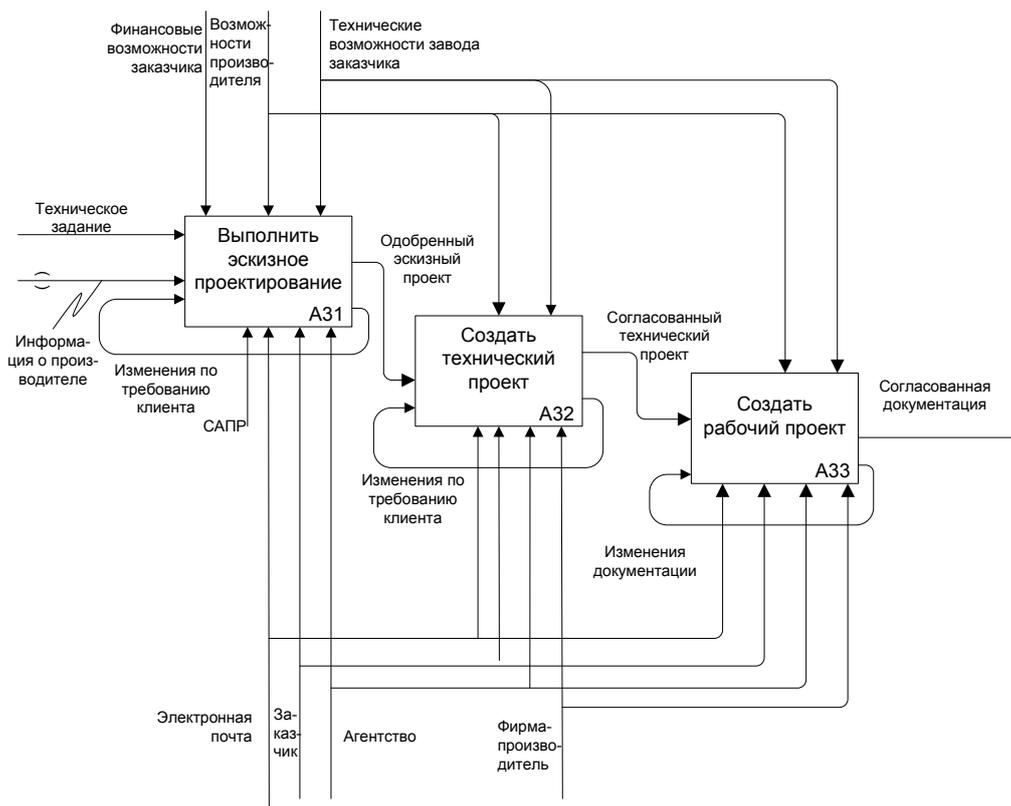


Рис. 6. Функциональная схема процесса проектирования

Работы по модернизации привода ведутся и усилиями заказчика. Объясним подробнее, какие же сложности возникают на этапах проектирования, и что требуется от каждой из сторон, участвующих в этом процессе. В первую очередь отметим, что возможна не полная, а частичная замена отдельных узлов привода. Кроме того, следует учитывать вариантность замены отдельных узлов. Например, замена вспомогательного привода приводит к выбору одного из двух вариантов: либо новый вспомогательный привод ставится традиционно за главным электродвигателем, либо он интегрируется с быстроходной муфтой и располагается между главным электродвигателем и редуктором. Второй вариант дает преимущества с позиции экономии пространства, а также предохраняет редуктор от поломок в случае неисправности электродвигателя. Кроме набора заменяемых узлов, рассматривается возможность установки нового редуктора на старый фундамент и старые анкерные болты, учитывая положение редуктора относительно остальных узлов привода, а также возможности оставить на месте главный электродвигатель. В зависимости от технических данных и пожеланий заказчика могут быть реализованы различные варианты.

Выбор оптимального расположения привода относительно старых фундаментов и неизменяемых узлов привода является непростой задачей, которая решается на этапе эскизного проектирования. Ее решение занимает много времени, особенно в условиях, когда при обсуждении требования заказчика подвергаются изменению и возникает необходимость разработки нового эскизного проекта.

Готовый эскизный проект поступает на вход процессу создания технического проекта, выраженному блоком А32. В процессе разработки технического проекта уточняются некоторые данные, полученные по результатам эскизного проектирования, и они доводятся до уровня конструкторских документов. После согласования готовый технический проект подается на вход процесса создания рабочего проекта (блок А33), где разрабатывается рабочая документация, окончательно согласуются чертежи и на выходе получается полностью согласованная документация.

Согласованная документация поступает на вход процесса изготовления и испытания привода мельницы, что на функциональной схеме представлено блоком А04. Испытание привода проводится на заводе-изготовителе на специальном испытательном стенде. Готовый привод и документация отгружаются заказчику. Блок А05 отражает процесс монтажа и ввода в эксплуатацию редуктора, когда на фундамент в предусмотренные проектом места устанавливаются необходимые узлы привода. Производится пуск редуктора под нагрузкой и делаются необходимые проверки.

4. Четвертый этап исследований – разработка системы графического моделирования и автоматизированного создания проектной документации нового привода.

Как уже упоминалось, довольно трудоемким является этап эскизного проектирования, который представлен на функциональной схеме на рис. 7.

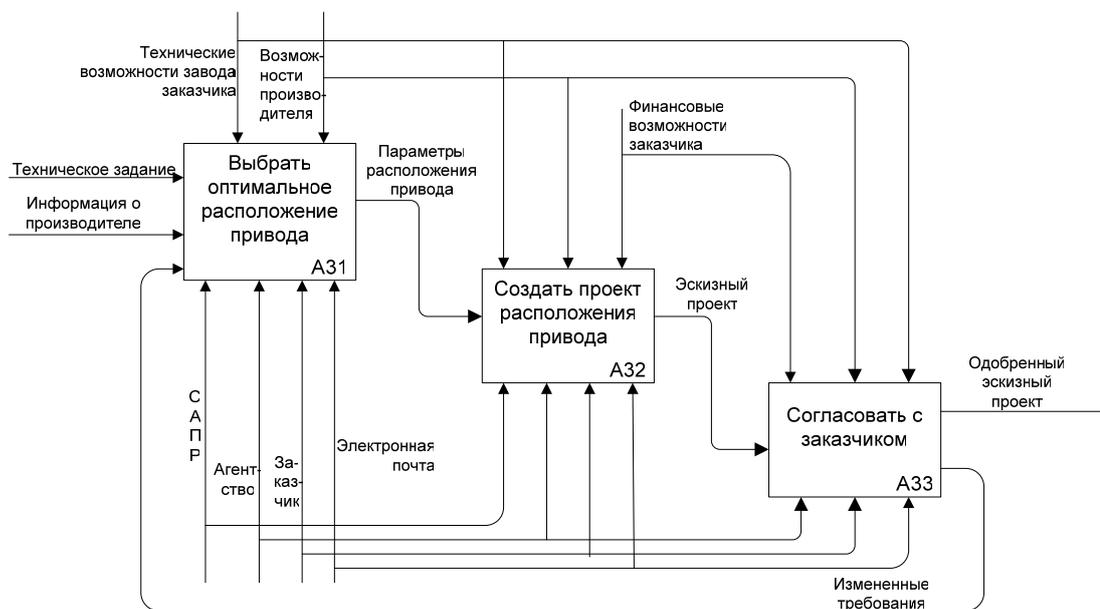


Рис.7. Функциональная схема процесса эскизного проектирования до внедрения автоматизации

Все работы на этапе разработки эскизного проекта выполняются без участия фирмы-производителя, силами фирмы агентства и при участии заказчика, который предоставляет необходимые данные для разработки проекта и требования, которым должен отвечать новый привод. На вход блока А31 приходят техническое задание и информация о производителе. Производятся необходимые расчеты и происходит выбор оптимального расположения привода. Выходом данного блока является система параметров расположения привода, которые поступают на вход следующего блока. В процессе, представленном на схеме блоком А32, происходит создание проекта расположения привода в виде проектной документации, на выходе которого получаем эскизный проект. В дальнейшем ему необходимо пройти стадию согласования с клиентом (блок А33). Одобренный заказчиком эскизный проект поступает на стадию технического проектирования.

Внесение любых изменений на этом этапе приводит к переработке и эскизного проекта, что требует дополнительных затрат времени. Добиться его сокращения можно путем автоматизации определенных стадий проектирования. Функциональная схема эскизного проектирования после внедрения системы автоматизации представлена на рис. 8.

Кроме того, использование средств автоматизации повышает качество подготовки проекта привода. В первую очередь, происходит существенное сокращение

времени разработки проекта (с двух дней до одного - двух часов), сокращается время на сбор информации, так как с одной стороны известны необходимые для расчета и построения исходные данные, а с другой из программы имеется доступ к данным об уже осуществленных проектах. Простота работы с программой позволяет переложить часть обязанностей с высококвалифицированного специалиста на других работников, обладающих меньшими знаниями, не ухудшая качество проекта, а напротив, позволяя избежать ошибок, вызванных человеческим фактором. Разработанное программное обеспечение предназначено для использования для всех сторон, заинтересованных в модернизации привода, позволяя клиенту провести с его помощью предварительный анализ своих возможностей, а также требований до запроса предложения у производителя, и давая возможность говорить всем сторонам на одном языке.

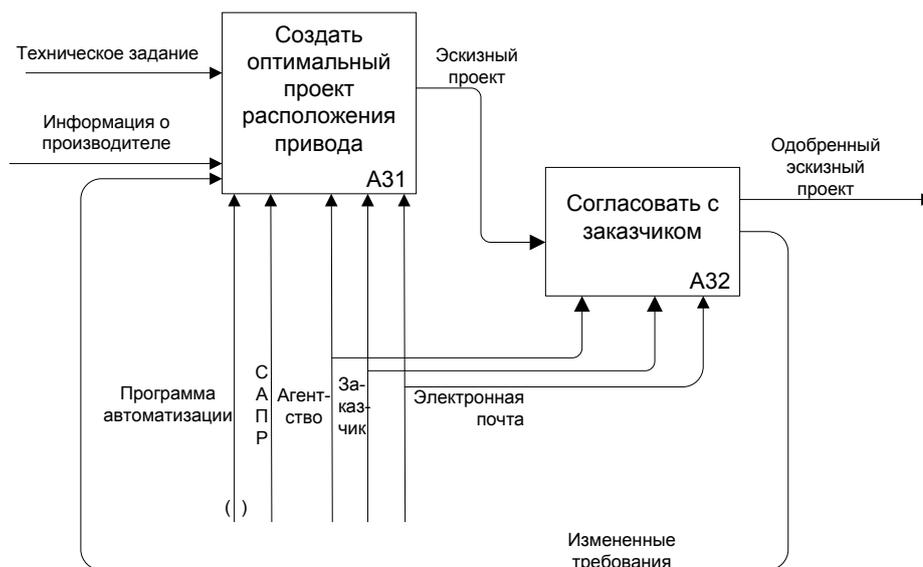


Рис. 8. Функциональная схема процесса эскизного проектирования после внедрения автоматизации

На выходе разрабатываемой компьютерной системы необходимо получение эскизного проекта модернизированного мельничного привода, содержащего следующие данные:

- тип модернизации, который описывает как необходимые компоненты для замены привода, так и способы установки редуктора (если выбирается редукторный привод) – на промежуточную раму, с изменением фундамента, на старые или новые анкерные болты или иным образом;
- параметры установки привода, которые детализируют предыдущие данные, и указывают не только как будет установлен редуктор, но и точные размеры крепежа;
- чертеж и 3D-модель привода, служащие для визуализации и более полного понимания полученных результатов. 3D-модели позволяют делать другие необходимые чертежи проекта.

К практическим результатам в первую очередь следует отнести повышение качества подготовки проекта привода с использованием средств автоматизации. В первую очередь, существенное сокращение времени разработки проекта, сокращение времени на сбор информации, так как с одной стороны известны необходимые для расчета и построения исходные данные, а с другой из программы имеется доступ к данным об уже осуществленных проектах. Кроме того, использование программного обеспечения позволит переложить часть обязанностей с высококвалифицированного специалиста на других работников, обладающих меньшими знаниями, не ухудшая качество проекта, а напротив, позволяя избежать ошибок, вызванных человеческим

фактором. Описываемое программное обеспечение может применяться как проектными организациями для подготовки проектной документации для модернизации привода, так и производителями, для оценки своей конкурентоспособности на рынке и планирования разработки и внедрения новых технологий для производства наиболее востребованных приводов или для выбора своей ниши рынка, и клиентами для планирования работ и оценке своих возможностей для заказа тех или иных узлов системы привода.

Результаты данной работы могут быть применены и в смежных отраслях промышленности. Так, например, в горной промышленности применяются стационарные приводы технологических машин большой мощности с планетарными и иными редукторами, которые также нуждаются в реновации. Аналогичные задачи могут решаться и при модернизации приводов мощных прокатных станов.

Литература

1. *Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н.* Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова – М. : Финансы и статистика, 2000. – 205 с.
2. *Трошин Г.Е.* Планетарные редукторы для планетарных шаровых мельниц. / Г.Е. Трошин // Цемент и его применение – 2007. - №6.
3. *Трошина А. Г.* Модернизация приводов горизонтальных шаровых мельниц / А. Г. Трошина // Цемент и его применение. – 2009. – № 3. – С. 11-14.