

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ  
по интеграции системы ОРАКУЛ-ПК  
в состав АСУТП ЭСПЦ  
для автоматизации обработки стали на УПК**

---

г. Донецк, 2002 г.

## Содержание

1. Об ООО «НПП ОРАКУЛ» .....	3
2. О системе ОРАКУЛ.....	4
3. О сталеплавильном производстве завода .....	5
4. Об интеграции системы ОРАКУЛ-ПК в состав АСУТП УПК .....	6
4.1. Состав системы ОРАКУЛ-ПК для УПК.....	6
4.2. Модуль расчета среднего химического состава металла и шлака .....	7
4.3. Распределенная задача прогноза и управления составом НВ .....	7
4.4. Модуль расчета средней температуры металла.....	8
4.5. Модуль расчета оптимального количества легирующих и раскислителей ..	8
4.6. Модуль проектирования обработки стали .....	9
4.7. Система выдачи управляющих воздействий механизмам и устройствам .	10
4.8. Система мониторинга, визуализации и информационного сопровождения .....	11
4.9. Система «горячего резервирования».....	11
4.10. Система сопряжения с технологической базой данных.....	12
4.11. Система сопряжения с базовой автоматизацией.....	12
5. Аппаратное обеспечение системы ОРАКУЛ-ПК.....	14
6. Программное обеспечение системы ОРАКУЛ-ПК.....	15
7. Документация системы ОРАКУЛ-ПК и обучение персонала .....	16
8. Реализация проекта .....	17
9. Ожидаемый экономический эффект и окупаемость .....	19
10. Обязательства завода .....	20
11. Утверждение и сдача работ.....	21
12. Перспективы дальнейшего развития системы ОРАКУЛ-ПК.....	22
13. Права использования и конфиденциальность .....	24
14. Гарантии.....	25

## 1. 06 000 «НПП ОРАКУЛ»

Цель компании «Научно-производственное предприятие ОРАКУЛ» – создание и внедрение систем оптимального управления технологическими процессами в сталеплавильном производстве.

Основные направления деятельности ООО «НПП ОРАКУЛ»:

- автоматизация технологических процессов сталеплавильного производства;
- научно-исследовательские работы в вопросах повышения эффективности сталеплавильного производства.

Основной продукт компании – система ОРАКУЛ.

«НПП ОРАКУЛ» работает в сотрудничестве со специалистами Молдавского металлургического завода (г. Рыбница), Донецкого Национального технического университета, Московского Государственного института стали и сплавов, Института черной металлургии (г. Днепропетровск).

Специалисты «НПП ОРАКУЛ» создали «лабораторный вариант» системы ОРАКУЛ, используемый для обучения студентов металлургических специальностей в Донецком Национальном техническом университете и Московском Государственном институте стали и сплавов. При участии представителей компании система ОРАКУЛ внедрена на Белорусском металлургическом заводе для автоматического ведения плавки в ДСП-1. Сотрудниками «НПП ОРАКУЛ» система ОРАКУЛ интегрирована в состав АСУТП ДСП-2 Молдавского металлургического завода. В настоящее время предприятие ведет работы по интеграции системы ОРАКУЛ в состав комплексной АСУТП ЭСПЦ Молдавского металлургического завода для оптимизации единого энерготехнологического режима ДСП и автоматизации процессов внепечной обработки (легиrowание на сливе и обработка на установке «печь-ковш»).

## 2. О системе ОРАКУЛ

Система ОРАКУЛ – это комплекс алгоритмов, программ, технологических приемов и технических решений, предназначенных для оптимизации управления процессами выплавки и обработки металла в электросталеплавильном и конверторном производстве.

ОРАКУЛ – постоянно развивающаяся и совершенствующаяся система. Результаты известных выполненных и перспективных теоретических исследований в металлургии проходят опробование и проверку в составе ОРАКУЛа, и используются в рабочих программах лишь в случае подтверждения их состоятельности практикой сталеварения.

Опираясь на знание кинетики, термодинамики, теории оптимального управления, ОРАКУЛ стремится максимально учитывать опыт практического сталеварения.

Более подробная информация о системе представлена на сайте <http://www.oracul.org/>.

Система ОРАКУЛ построена по модульному принципу и применяется, прежде всего, для создания:

- АСУТП (систем 2-го уровня) агрегатов сталеплавильного производства (ДСП, конвертер, УПК, УДС, вакууматор, МНЛЗ);
- автоматизированных систем управления сталеплавильным производством (систем 3-го уровня);
- автоматизированных рабочих мест технологов-металлургов;
- систем информационного сопровождения процессов выплавки и обработки стали;
- систем обучения технологического персонала и студентов.

Внедрение системы ОРАКУЛ на металлургических предприятиях предусматривает:

- максимальный учет особенностей конкретного агрегата сталеплавильного цикла и производства в целом;
- соблюдение принципа «развитие от достигнутого»;
- максимальное использование ресурсов существующих систем управления;
- работы без остановки основного производства;
- реальный технико-экономический эффект и быструю окупаемость на каждом этапе работ;
- возможность дальнейшего развития и совершенствования построенных систем управления.

### 3. О сталеплавильном производстве завода

В результате комплексной модернизации, выполненной фирмой DANIELI, предприятие оснащено современными агрегатами сталеплавильного производства:

- ДСП;
- установка «печь-ковш»;
- вакууматор;
- МНЛЗ.

Все агрегаты оборудованы добротными системами базовой автоматизации, позволяющими создать на их основе высокоэффективную комплексную систему автоматизации производства в целом и каждого агрегата в отдельности.

Основные задачи сталеплавильного производства завода:

- выход на проектную мощность при работе одной линией;
- снижение себестоимости цельнолитой заготовки;
- стабилизация технологии выплавки и обработки стали;
- расширение ассортимента выплавляемых марок стали;
- исключение «незаказных» плавов;
- повышение качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Решению настоящих задач может способствовать интеграция системы ОРАКУЛ в состав комплексной АСУТП сталеплавильного производства предприятия, которая в условиях предприятия может быть осуществлена в следующем порядке:

1. внедрение системы ОРАКУЛ в состав АСУТП ДСП для автоматизации выплавки стали, обеспечения рационального энерготехнологического режима и оптимизации легирования и раскисления металла на выпуске из ДСП (ОРАКУЛ-ДСП);
2. интеграция системы ОРАКУЛ в состав АСУТП «Печь-ковш» для оптимизации процесса обработки стали на установке «Печь-ковш» (ОРАКУЛ-ПК);
3. построение на основе системы ОРАКУЛ АСУТП «Вакууматор» для оптимизации обработки металла при вакуумировании (ОРАКУЛ-В);
4. создание теплофизической модели МНЛЗ и построении на ее основе системы 2-го уровня управления процессом разлива стали (ОРАКУЛ-МНЛЗ);
5. реализация распределенной задачи прогнозирования и управления составом неметаллических включений при выплавке, внепечной обработке, вакуумировании, разливе и кристаллизации металла (ОРАКУЛ-НВ);
6. автоматизация согласования работы агрегатов сталеплавильного производства в соответствии с портфелем заказов и реальным ходом процесса выплавки и обработки стали (система 3-го уровня автоматического управления сталеплавильным производством – ОРАКУЛ-3).

Предмет настоящих предложений – 2-ой из указанных выше этапов интеграции системы ОРАКУЛ в состав комплексной АСУТП ЭСПЦ.

## 4. Об интеграции системы ОРАКУЛ-ПК в состав АСУТП УПК

Комплекс физико-химических и теплофизических процессов, происходящих при внепечной обработке металла, поддается описанию и расчету в объеме и с точностью, достаточными для построения эффективной автоматизированной системы управления, примером которой является ОРАКУЛ-ПК. Ею и предлагается оснастить АСУТП завода для решения следующих задач:

- расчет текущего и прогнозируемого среднего химического состава и средней температуры металла и шлака в ковше в процессе обработки на УПК с точностью, достаточной для безусловного выполнения задания на плавку;
- расчет оптимального количества и видов легирующих и других материалов и энергоносителей, необходимых для гарантированного попадания в заданные химический состав и температуру металла по окончании обработки металла на установке «печь-ковш»;
- оперативное проектирование и оптимизация технологических процессов на установке «печь-ковш» для обеспечения рациональной траектории перевода металла в ковше из текущего состояния в заданное;
- выдача управляющих воздействий механизмам и устройствам, участвующим в технологическом процессе обработки стали, и рекомендаций технологическому персоналу в соответствии с результатами проектирования;
- гарантированное соблюдение технологии внепечной обработки металла;
- адаптация и самонастройка системы при изменении параметров агрегата и используемых материалов;
- взаимосвязь со смежными системами и подсистемами АСУТП;
- мониторинг, визуализация и информационное сопровождение процесса обработки стали;
- облегчение освоения технологии выплавки новых марок сталей, например, шарикоподшипниковых и нержавеющей и совершенствования существующих;
- возможность создания системы автоматического управления вакууматором;
- возможность создания распределенной задачи прогноза и управления неметаллическими включениями в процессе выплавки и обработки стали;
- возможность создания системы 3-го уровня управления сталеплавильным производством.

Целесообразно настоящую работу выполнить параллельно или после интеграции системы ОРАКУЛ-ДСП в состав АСУТП ДСП (см. соответствующие «Предложения»), хотя не исключена иная последовательность реализации проекта.

Работы планируется выполнить без остановки основного производства, максимально используя возможности и ресурсы существующей АСУТП сталеплавильного производства.

Ориентировочный срок выполнения работ – 6 месяцев. Планируемый срок окупаемости затрат – не более 6 месяцев. Расчет экономической эффективности и сроков окупаемости приведен в разделе 9.

### 4.1. Состав системы ОРАКУЛ-ПК для УПК

В состав системы ОРАКУЛ-ПК на УПК входят следующие модули:

- модуль прогноза химического состава металла в ковше;
- модуль расчета средней температуры металла в ковше;
- модуль расчета оптимального количества легирующих и раскислителей;

- модуль проектирования обработки стали на УПК;
- модуль выдачи управляющих воздействий механизмам и устройствам УПК (тракт сыпучих, трайб-аппараты, регулятор, продувочные устройства и т.п.);
- система мониторинга, визуализации, и информационного сопровождения процесса обработки на УПК;
- система «горячего резервирования» системы ОРАКУЛ-ПК с существующей системой второго уровня АСУТП УПК;
- блок сопряжения с системой базовой автоматизации АСУТП УПК;
- блок сопряжения с технологической базой данных АСУТП ЭСПЦ.

В дальнейшем в состав системы может быть включен блок из распределенной задачи прогноза и управления составом неметаллических включений.

#### **4.2. Модуль расчета среднего химического состава металла и шлака**

На основании информации о поступлении в ковш материалов и энергоносителей во взаимодействии с модулем расчета температуры осуществляется расчет текущего среднего химического состава металла и шлака. Кроме того, модуль вызывается модулем проектирования для расчета прогнозируемого химического металла и шлака от текущего момента до окончания обработки металла на УПК.

Прогноз химического состава металла выполняется по 38 элементам, количество и наименование которых могут быть изменены в соответствии с пожеланиями заказчика.

В момент прихода информации о фактическом химическом составе металла осуществляется уточнение траекторий изменения состава металла и шлака с учетом прошедшего времени от момента отбора пробы до получения системой результатов анализа.

Модуль включает в себя алгоритмы самонастройки и автоматической подстройки химического состава материалов на основании информации о фактическом химическом составе металла, а так же механизм фильтрации недостоверных проб.

Результаты работы модуля в дальнейшем станут исходными данными для прогноза и управления составом неметаллических включений на УПК.

При высокой достоверности информации о массе и видах материалов, поступающих в ковш, модуль позволяет выполнить обработку металла без отбора проб на УПК. В любом случае среднее количество отбираемых проб будет уменьшено. Это особенно актуально, если учесть значительное (более 8 минут) время от момента отбора пробы до получения системой информации о ее результатах в условиях завода.

В составе существующей АСУТП УПК подобный модуль отсутствует.

#### **4.3. Распределенная задача прогноза и управления составом НВ**

Существенное повышение качества металла и его служебных характеристик может быть достигнуто за счет управления составом неметаллическими включениями.

Образование неметаллических включений происходит на всех этапах выплавки и внепечной обработки металла, тогда как их анализ в настоящее время выполняется лишь в готовой продукции. По этой причине решить задачу адекватного прогноза, а значит и управления составом НВ, созданием АСУТП отдельного агрегата сталеплавильного производства крайне затруднительно. Предлагается создать распределенную задачу прогноза и управления составом неметаллических включений в составе комплексной АСУТП электросталеплавильного производства после оснащения АСУТП ДСП, УПК и вакууматора эффективной системой моделирования, способной осуществ-

вить расчет химического состава металла и шлака. В настоящее время известна лишь одна подобная модель, состоятельность которой доказана на практике, - ОРАКУЛ.

Распределенная задача прогноза и управления неметаллическими включениями позволит рассчитать количество и состав неметаллических включений (НВ), образующихся во время выплавки, легирования, раскисления, внепечной обработки, вакуумирования, охлаждения и кристаллизации металла. Строгий учет влияния всех факторов позволяет реализовать и оптимизировать мероприятия по снижению общего количества НВ, произвести модификацию НВ с целью изменения их состава и формы. Система позволит снизить вероятность образования в ходе обработки определенных нежелательных типов НВ, например, приводящих к зарастанию разливочных стаканчиков.

Создание описываемой задачи является предметом отдельного соглашения. Ориентировочный срок реализации задачи – 4 месяца. Срок окупаемости затрат будет зависеть от ассортимента выпускаемой заводом на момент окончания работ продукции.

В составе существующей АСУТП УПК прогноз и управление составом неметаллических включений не предусмотрены.

#### **4.4. Модуль расчета средней температуры металла**

Модуль предназначен для расчета текущей и прогнозируемой средней температура металла в ковше от начала до окончания обработки на УПК.

Модуль включает алгоритм адаптации расчетной температуры на основании информации о фактических замерах температуры. Модель оснащена механизмом фильтрации недостоверных замеров температуры. Алгоритмы самонастройки модуля рассчитывают изменение теплоемкостей основных материалов, применяемых в период внепечной обработки. Этот же механизм позволяет автоматически отслеживать изменение условий, влияющих на температуру металла (например, сезонных).

Необходимая точность расчета химического состава металла и шлака, а значит и адекватность проекта внепечной обработки недостижимы без информации, выдаваемой модулем расчета температуры.

При достоверности информации о массе, видах и времени поступления в ковш материалов и энергоносителей модуль позволяет выполнить внепечную обработку без замеров температуры на УПК. В реальных условиях УПК завода модуль позволит выполнять в среднем не более 2.75 замеров температуры (в настоящее время осуществляется в среднем более 4-х замеров температуры).

В составе существующей АСУТП УПК подобный модуль отсутствует.

#### **4.5. Модуль расчета оптимального количества легирующих и раскислителей**

Модуль позволяет на основании расчетного текущего и заданного химического состава металла выполнить расчет оптимального набора легирующих, раскислителей и шлакообразующих, отдаваемых в ковш на УПК.

Целевая функция оптимизации – минимизация суммарной стоимости используемых легирующих и раскислителей. Основное ограничение – гарантированное попадание в заданный химический состав.

Задачу легирования на сливе из печи предлагается решить при интеграции системы ОРАКУЛ-ДСП в состав АСУТП ДСП (см. соответствующие «Предложения ...»).

Результаты расчета модуля используются модулем проектирования процесса обработки (см. п. 4.6).

В состав существующей АСУТП УПК интегрирован подобный модуль, разработанный DANIELI, который, однако, не используется из-за недостоверности результатов расчета.

#### 4.6. Модуль проектирования обработки стали

Основная задача модуля – расчет управляющих воздействий механизмам и устройствам ПК, а также рекомендаций технологическому персоналу, обеспечивающих рациональный энерготехнологический режим УПК и гарантированное выполнение в задания на плавку (химический состав, температура и время окончания обработки на УПК).

Блок проектирования обработки металла на установке ПК является моделью, способной просчитать весь технологический процесс внепечной обработки стали, найти рациональный вариант его ведения и определить технико-экономические показатели процесса обработки.

Основанием для проектирования технологического процесса обработки служит задание на плавку, в котором указывается марка стали, планируемый (для расчета раскисления и легирования на сливе) и фактический (для проектирования обработки на агрегате печь-ковш) вес металла в ковше, характеристики оборудования (устройств), а также заданное время окончания обработки на УПК.

При проектировании процесса внепечной обработки решается задача оптимизации, т.е. поиска таких значений оптимизируемых переменных, при которых достигается минимум целевой функции при условии выполнения заданных ограничений на оптимизируемые переменные. Модуль работает в тесном взаимодействии с модулем расчета оптимального количества легирующих и раскислителей (см. п. 4.5), модулем прогноза химического состава (см. п. 4.2), модулем тепловых расчетов (см. п. 4.4).

Каждые 5 секунд, а так же при возникновении расхождений расчетного и реально складывающегося хода технологического процесса и изменении иных условий внепечной обработки, осуществляется полный пересчет проекта. В случае невозможности реализации задания (например, невозможно закончить обработку к заданному моменту времени) блок оптимизирует проект «в кратчайший срок», но при этом выдаст рекомендации, при которых задание на обработку осуществимо в полном объеме.

Проект технологического процесса внепечной обработки передается для исполнения системе выдачи управляющих воздействий механизмам и устройствам (см. п. 4.7), а так же отображается системой визуализации (см. п.4.8).

Оператор (сталевар) в случае несогласия с предлагаемым системой ОРАКУЛ-ПК режимом обработки металла в любой момент может перейти в ручной режим управления.

В рамках предлагаемой работы «НПП ОРАКУЛ» не ставит задачу отработки технологии обработки стали, хотя предложит свой вариант для двух (на выбор заказчика) групп марок стали, на которых будет доказана технико-экономическая эффективность. Кроме того, «НПП ОРАКУЛ» предоставит заказчику инструмент, позволяющий описать новую технологию и назначить для нее критерии оптимизации, в соответствии с которыми будет вести обработку соответствующей группы марок стали система ОРАКУЛ-ПК.

Основными отличиями предлагаемого модуля проектирования от внедренной фирмой DANIELI системы второго уровня являются:

- автоматическое управление отдачей раскислителей, легирующих и шлакообразующих материалов;
- автоматическое управление продувкой инертным газом;
- реализация алгоритмов оптимизации внепечной обработки;

- наличие системы адаптации частоты отдачи и размера порций сыпучих материалов в соответствии с заданным химическим составом стали и реально складывающимся графиком работы системы трансформатор – регулятор – электроды;
- реализация алгоритмов обучения и самообучения модуля проектирования обработки стали;
- использование механизма автоматического выбора энерготехнологического режима для соответствующей группы марок стали;
- учет потерь и поступления энергии от химических реакций;
- расчет себестоимости обработки.

Применение модуля проектирования плавки позволит:

- стабилизировать технологию;
- облегчить освоение технологии выплавки и обработки новых марок стали;
- снизить расход электроэнергии;
- снизить расход инертного газа;
- снизить суммарную стоимость раскислителей, легирующих и шлакообразующих материалов;
- снизить среднюю продолжительность обработки.

#### **4.7. Система выдачи управляющих воздействий механизмам и устройствам**

Система выдачи управляющих воздействий механизмам и устройствам создается совместно со специалистами завода и должна обеспечить сопряжение модуля проектирования с уже существующими системами АСУТП ПК ЭСПЦ.

Система охватывает все механизмы и устройства установки «печь-ковш», способные воспринимать и выполнять управляющие воздействия. Кроме того, система предусматривает выдачу следующих рекомендаций технологическому персоналу:

- моменты замера температуры;
- моменты отбора проб;
- момент окончания обработки металла;
- моменты опускания и подъема электродов.

В настоящее время менее всего приспособлена к обеспечению рационального энерготехнологического режима УПК система управления трактом сыпучих материалов. «НПП ОРАКУЛ» выдаст рекомендации специалистам завода по модернизации программного обеспечения системы управления трактом сыпучих материалов, сама же модернизация осуществляется заказчиком. При необходимости «НПП ОРАКУЛ» самостоятельно создаст новую систему управления трактом сыпучих или модернизирует существующую, но эта работа не является предметом настоящего предложения.

Выдача управляющих воздействий от системы ОРАКУЛ-ПК в соответствующие системы управления осуществляется по сети Ethernet с применением стека протоколов TCP/IP. Программное обеспечение клиентской части системы создается специалистами «НПП ОРАКУЛ», программное обеспечение серверной части системы разрабатывается специалистами завода в соответствии с рекомендациями «НПП ОРАКУЛ». При необходимости «НПП ОРАКУЛ» выполнит все программное обеспечение системы самостоятельно, что оговаривается отдельно на этапе заключения договора. Кроме того, возможна выдача управляющих воздействий непосредственно контроллерам базовой автоматизации с применением протокола SINEC-H1 (ISO 8073), в этом случае стоимость работ увеличивается на сумму, необходимую для приобретения лицензионного драйвера SINEC-H1.

#### **4.8. Система мониторинга, визуализации и информационного сопровождения**

В состав системы ОРАКУЛ входят средства мониторинга, визуализации и информационного сопровождения, предназначенные для:

- обеспечения взаимодействия технологического персонала с системой;
- косвенной оценки некоторых параметров состояния на основании информации о спектре токов и напряжений электродов;
- оперативного отображения текущего состояния металла и шлака в ковше и фактической и проектируемой траектории его изменения в процессе обработки на УПК;
- документирования, хранения и отображения информации о ходе проведенных ранее плавов;
- формирования задания на обработку;
- настройки системы;
- описания технологии обработки определенной марки стали;
- сопровождения локальной базы химического состава материалов;
- ведения локальной базы характеристик используемых механизмов и устройств;
- определения критериев оптимизации технологического процесса;
- визуализации и озвучивания рекомендаций технологическому персоналу.

Перечень параметров, подлежащих документированию и отображению уточняется в процессе создания системы на основании пожеланий и рекомендаций заказчика, а так же возможностей системы базовой автоматизации УПК. Отличительной чертой предлагаемой системы визуализации является наглядность влияния различных параметров друг на друга.

Система визуализации и информационного сопровождения включает следующее программное обеспечение:

- Редактор конфигурации системы ОРАКУЛ-ПК;
- Редактор химического состава материалов;
- Редактор характеристик устройств и механизмов;
- Редактор первичных шаблонов обработки («Формализатор» технологии обработки группы марок стали);
- Система просмотра оперативных и исторических трендов;
- Система отображения фактического и проектного состояния УПК;
- АРМ «ОРАКУЛ – ПК».

#### **4.9. Система «горячего резервирования»**

Для повышения устойчивости АСУТП УПК «НПП ОРАКУЛ» во взаимодействии со специалистами завода разрабатывает систему «горячего резервирования», призванную обеспечить автоматический выбор и переключение источника управляющих воздействий механизмам и устройствам УПК. В качестве источника управляющих воздействий может служить система ОРАКУЛ-ПК и существующая на предприятии система 2-го уровня DANIELI.

Наличие системы горячего резервирования необходимо для:

- отладки системы и новых технологий без остановки основного производства;
- поэтапной настройки рационального энерготехнологического режима;
- проведения профилактических работ без остановки производства;

- снижение времени простоев установки печь-ковш из-за сбоя в работе АСУТП УПК;
- обеспечения «избыточности» программных и аппаратных средств в качестве основы повышения надежности работы системы в целом.

#### **4.10. Система сопряжения с технологической базой данных**

Сопряжение системы ОРАКУЛ-ПК с технологической базой данных предприятия подразумевает получение от последней следующей информации:

- требования к конечным химическому составу и температуре конкретной марки стали (в начале каждой плавки и в случае их изменения по ходу плавки);
- карта бункеров (в начале обработки и в случае ее изменения по ходу обработки на УПК);
- характеристики механизмов и устройств, используемых в процессе обработки стали на УПК;
- информация о сталеразливочном ковше (температура футеровки и количество наливов);
- химический состав (по сертификатам и результатам анализа проб), стоимость и допустимость использования (разрешен, запрещен, обязателен) имеющихся материалов.

Система сопряжения разрабатывается совместно со специалистами заказчика, причем «НПП ОРАКУЛ» несет ответственность за разработку программного обеспечения клиентской части системы, тогда как серверная часть разрабатывается программистами заказчика в соответствии с рекомендациями исполнителя. Возможно построение системы с использованием механизмов ODBC.

На момент составления настоящего документа в технологической базе данных завода не осуществлена формализация задания на обработку. Создание механизма формализации задания на обработку осуществляется специалистами заказчика, «НПП ОРАКУЛ» выдает соответствующие рекомендации.

В связи с не очень удачной сложившейся на заводе схемой взаимодействия АСУТП агрегатов сталеплавильного производства с технологической базой данных, система ОРАКУЛ-ПК использует локальную базу данных, содержание которой периодически синхронизируется с содержимым базы данных предприятия.

При необходимости «НПП ОРАКУЛ» создает и поставляет программные средства, позволяющие синхронизировать содержимое технологической базы данных завода с локальной базой данных ОРАКУЛ-ПК.

#### **4.11. Система сопряжения с базовой автоматизацией**

Программное обеспечение, необходимое для сопряжения системы ОРАКУЛ-ПК со средствами базовой автоматизации АСУТП ПК разрабатывается совместно «НПП ОРАКУЛ» и программистами завода. Эти программные средства призваны обеспечить ОРАКУЛ-ПК с дискретностью в 5 секунд следующей информацией:

- Номер плавки;
- Задание на плавку;
- Данные о состоянии сталеразливочного ковша (номер и масса ковша, количество наливов, температура футеровки ковша после сушки и время нагрева на стенде);
- Состояние высоковольтного выключателя трансформатора;
- Температура воды на входе и выходе из водоохлаждаемых элементов;

- Расход электроэнергии;
- Измеренная температура металла и время замера;
- Виды и количества материалов, отданных в ковш (в т.ч. трайб-аппаратами);
- Расход инертного газа при продувке стали в ковше;
- Показания весов ковша и масса ковша;
- Результаты отбора проб и время их получения системой;
- Гармонические составляющие токов и напряжений;
- Средние значения токов, напряжений и сопротивлений дуг;
- Давление электродов;
- Средняя за период опроса активная и реактивная мощность трансформатора и коэффициент мощности;
- Положение переключателя ступеней напряжения трансформатора;
- Значение кривой сопротивления (тока) регулятора;
- Положение переключателя реактора;
- Окисленность металла по результатам замера.

Перечень и форма представления информации будет уточнена в процессе разработки системы на основании более детального знакомства со средствами базовой автоматизации УПК.

Взаимодействие системы ОРАКУЛ-ПК со средствами базовой автоматизации планируется осуществить на основе использования стека протоколов TCP/IP. Возможно применение протокола SINEC-H1 (ISO 8073) (см. п. 4.7). При необходимости прием информации системой ОРАКУЛ может быть осуществлен непосредственно от датчиков и измерительных приборов на «физическом уровне», решение о чем должно быть принято до составления спецификации аппаратных средств, необходимых для реализации проекта.

## 5. Аппаратное обеспечение системы ОРАКУЛ-ПК

Стоимость аппаратного обеспечения, необходимого для реализации проекта, входит в общую стоимость работ. С целью соблюдения единого дизайна пультовой УПК и принципов формирования парка компьютерной техники завода будет поставлено следующее оборудование:

- промышленный компьютер семейства Advantech необходимой комплектации;
- ЖКИ – монитор;
- Пульт RITTAL для установки в нем компьютера.

Монтаж оборудования осуществляется специалистами «НПП ОРАКУЛ».

Сетевое оборудование (за исключением сетевых плат) поставляет заказчик. Он же несет ответственность за монтаж сетевого оборудования и подключение в технологическую сеть Ethernet цеха компьютера системы ОРАКУЛ-ПК.

На время выполнения работ заказчик обеспечивает специалистов «НПП ОРАКУЛ» двумя компьютеризированными рабочими местами. Компьютеры должны быть подключены к технологической сети цеха и иметь доступ к электронной почте и ICQ. Спецификация временно предоставляемых компьютеров согласовывается с «НПП ОРАКУЛ» и не может быть «более требовательной», чем спецификация компьютеров, используемых программистами заказчика. При необходимости «НПП ОРАКУЛ» осуществляет поставку этих компьютеров, условия поставки оговариваются отдельно.

## 6. Программное обеспечение системы ОРАКУЛ-ПК

Указанные в п. 4.1 программные модули разрабатываются специалистами «НПП ОРАКУЛ». Необходимую доработку программного обеспечения системы базовой автоматизации и технологической базы данных осуществляют специалисты заказчика самостоятельно и/или при участии «НПП ОРАКУЛ».

Необходимое для выполнения проекта лицензионное программное обеспечение поставляется «НПП ОРАКУЛ», стоимость программного обеспечения входит в общую стоимость работ. В состав лицензионного программного обеспечения входит как среда исполнения, так и среда разработки:

- Операционная система QNX 4.25E;
- Графический интерфейс пользователя Photon 1.14;
- Компилятор Watcom C/C++ 10.6 with patch;
- Photon Application Builder 1.14;
- TCP/IP 5.0 runtime.

При необходимости (см. п. 4.7) поставляется лицензионный драйвер SINEC-H1 (ISO 8073).

«НПП ОРАКУЛ» передает заказчику все исполняемые программы системы ОРАКУЛ-ПК, а так же исходные тексты всех программ и библиотек за исключением исходных текстов основных расчетных библиотечных функций. Эти библиотеки передаются в откомпилированном виде, что позволит развивать систему в составе АСУТП УПК, но затруднит ее тиражирование. При необходимости «НПП ОРАКУЛ» выполнит перекомпиляцию библиотек и передачу их заказчику.

«НПП ОРАКУЛ» гарантирует патентную чистоту поставляемого программного обеспечения.

## 7. Документация системы ОРАКУЛ-ПК и обучение персонала

ОРАКУЛ-ПК сопровождается следующей документацией, которая передается представителям завода в печатном и электронном виде:

- Описание системы ОРАКУЛ-ПК;
- Руководство пользователя;
- Руководство технолога;
- Руководство программиста.

На основании указанной выше документации специалистами заказчика разрабатывается необходимая документация в соответствии с установленными внутризаводскими положениями (технологические инструкции и т.п.).

Возможно участие в этом процессе специалистов «НПП ОРАКУЛ».

В ходе опытно-промышленной эксплуатации проводится обучение персонала заказчика:

- программисты – 20 чел-часов;
- технологи – 20 чел-часов.

Программа обучения составляется «НПП ОРАКУЛ» и утверждается заказчиком.

## 8. Реализация проекта

Выполнение работ осуществляется без остановки производства. В ходе выполнения работ АСУТП УПК остается способной выполнять все функции, выполняемые ею на момент начала работ. Ориентировочный срок выполнения работ – 6 месяцев. Этапы работ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Этапы работ по интеграции системы ОРАКУЛ-ПК в АСУТП УПК.

№ п.п	Описание работ	Исполнители	Срок исполнения	Цена (тыс USD)	Документация
1.	Проработка спецификации аппаратных средств. Поставка оборудования и лицензионного системного программного обеспечения. Монтаж оборудования и инсталляция программного обеспечения	«НПП ОРАКУЛ»,	60-е сутки		Акт приемки оборудования и программного обеспечения
2.	Первичный инжиниринг, разработка протокола обмена информацией между системой ОРАКУЛ-ПК и АСУТП УПК. Проработка и выдача рекомендаций по модернизации программного обеспечения систем базовой автоматизации и технологической базы данных	«НПП ОРАКУЛ», ОАСУТП, ТО	20-е сутки		Протокол обмена. Рекомендации по модернизации.
3.	Разработка программного обеспечения взаимодействия ОРАКУЛ-ПК с системой базовой автоматизацией УПК	«НПП ОРАКУЛ», ОАСУТП	40-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
4.	Модернизация программного обеспечения систем базовой автоматизации УПК	ОАСУТП	40-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
5.	Разработка программного обеспечения взаимодействия ОРАКУЛ-ПК с технологической базой данных	«НПП ОРАКУЛ»	50-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
6.	Модернизация программного обеспечения технологической базы данных	ОАСУТП	50-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
7.	Модернизация системы управления трактом сыпучих материалов	ОАСУТП	60-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
8.	Модернизация модулей расчета температуры и химического состава	«НПП ОРАКУЛ»	55-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
9.	Модернизация модуля проектирования плавки	«НПП ОРАКУЛ»	65-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
10.	Модернизация модуля расчета легирующих и раскислителей	«НПП ОРАКУЛ»	65-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
11	Модернизация системы визуализации и информационного обеспечения	«НПП ОРАКУЛ»	70-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
12	Разработка системы выдачи управляющих воздействий механизмам и устройствам	«НПП ОРАКУЛ»,	70-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию

№ п.п	Описание работ	Исполнители	Срок исполнения	Цена (тыс USD)	Документация
13.	Создание системы «горячего резервирования»	ОАСУТП, «НПП ОРАКУЛ»	80-е сутки		Акт приемки в опытную эксплуатацию
14.	Опробование системы, комплексная отладка	«НПП ОРАКУЛ», ТО, ЭСПЦ, ОАСУТП	90-е сутки		Акт сдачи в опытную эксплуатацию
15	Разработка и отладка энерготехнологического режима УПК. Опытная эксплуатация системы	«НПП ОРАКУЛ», ОАСУТП, ТО, ЭСПЦ	150-е сутки		Акт сдачи в опытно – промышленную эксплуатацию
16.	Опытно-промышленная эксплуатация системы и обучение персонала. Составление документации и сдача работ	«НПП ОРАКУЛ», ТО, ЭСПЦ, ОАСУТП	180-е сутки		Акт приемки сдачи работ
	Итого:		180 суток		

## 9. Ожидаемый экономический эффект и окупаемость

Предполагается, что затраты на реализацию проекта окупятся не более чем за 6 месяцев.

Таблица 2. Ожидаемый технологический и экономический эффект от реализации проекта

№	Наименование показателя	Улучшение, не менее	Эффект, \$/т
1.	Снижение количества «незаказных» плавков	25%	н.д.
2.	Снижение суммарной стоимости используемых легирующих материалов и раскислителей	5%	0.26
3.	Снижение расхода электроэнергии в расчете на тонну годового металла (с учетом стоимости электродов)	3 кВт·ч	0.18
4.	Сокращение средней длительности обработки	2 минуты	н.д.
5.	Сокращение средней длительности под током	1 минута	н.д.
6.	Снижение количества замеров температуры	1.25	0.03
7.	Снижение количества отбираемых проб	1	н.д.
8.	Увеличение стойкости ковшей	5%	н.д.
9.	Стабилизация технологии обработки стали		
10.	Облегчение освоения технологии обработки новых марок стали		
11.	Уменьшение влияния человеческого фактора на результат обработки на УПК		
12.	Облегчение процесса подготовки кадров		
13.	Повышение культуры производства		
14.	Облегчение процесса аттестации продукции предприятия отечественными и международными организациями, контролирующими качество		
15.	Улучшение системы контроля и учета расхода материалов и энергоносителей на предприятии		
	Итого:		0.47

По пунктам 4-5 и 7-15 информация об экономической эффективности в настоящее время отсутствует. Тем не менее, даже по минимальным оценкам экономический эффект от внедрения системы ОРАКУЛ-ПК составит 465 тыс. USD в год (при работе на проектной мощности 990 тыс. т стали в год).

## 10. Обязательства завода

Предприятие обеспечивает:

- необходимую модернизацию системы базовой автоматизации;
- необходимую модернизацию технологической базы данных;
- необходимую модернизацию системы управления трактором сыпучих.

На время выполнения работ предприятие предоставляет сотрудникам «НПП ОРАКУЛ» два компьютеризированных рабочих места, доступ к электронной почте и ICQ.

## 11. Утверждение и сдача работ

Обязательным условием выполнения и сдачи работы является их экономическая эффективность и окупаемость, которые определяются по заранее согласованной между заказчиком и «НПП ОРАКУЛ» методике.

## 12. Перспективы дальнейшего развития системы ОРАКУЛ-ПК

Главная перспективная задача «НПП ОРАКУЛ» – создание системы управления сталеплавильным производством 3-го уровня (ОРАКУЛ-3). Появление подобной системы возможно лишь после оснащения всех агрегатов сталеплавильного производства системами моделирования нового поколения типа ОРАКУЛ и организации должного взаимодействия между ними.

Конечной целью развития системы ОРАКУЛ в составе АСУТП ЭСПЦ является создание полностью автоматизированной цепочки «копровой цех – разогрев ковшей – газоочистка – ДСП – УПК – вакууматор – МНЛЗ», что позволит:

- синхронизировать работу всех агрегатов сталеплавильного производства;
- минимизировать расходы по переделу;
- добиться оптимальной загрузки агрегатов;
- снизить роль «человеческого фактора» и стабилизировать технологию;
- повысить качество выпускаемой продукции;
- обеспечить условия эффективного взаимодействия с системами управления и планирования производства.

Основным приоритетным направлением разработок является получение высококачественного металла с заданным уровнем необходимых механических свойств и низким содержанием неметаллических включений.

В случае признания Заказчиком результатов работ, выполняемых в соответствии с настоящим предложением, положительными, «НПП ОРАКУЛ» может предложить выполнить работы, указанные в п. 3.

На каждом этапе будет достигнут видимый экономический эффект и быстрая окупаемость затрат, но наибольший экономический эффект будет достигнут после внедрения комплексной системы управления сталеплавильным производством.

Кроме того, система ОРАКУЛ имеет открытую структуру, что позволяет в дальнейшем использовать ее в «настольном» варианте технологическим персоналом ЭСПЦ и ТО для решения следующих задач:

- изменение цели оптимизации: использование в качестве целевой функции не только минимизацию стоимости набора используемых при обработке материалов, но и минимизацию себестоимости передела, достижение максимальной производительности, сокращение (или увеличение – для согласования работы смежных переделов) времени обработки металла, минимизацию количества неметаллических включений определенного типа или любая комбинация ряда целевых функций с приданием каждой из них определенного «веса»;
- учет внедрения дополнительных устройств на агрегатах и/или изменение параметров и исключение действующих;
- синхронизация работы агрегатов со смежными переделами (система согласования работы агрегатов);
- оснащение системой оптимизации технологического процесса (АРМ технолога), позволяющей в интерактивном режиме проводить ретро- и перспективные анализы работы агрегата, «проиграть» на компьютере различные изменения в технологическом процессе (включая оснащение дополнительными или исключение каких-либо используемых устройств, применение новых материалов и т.п.) и выбрать наиболее рациональное решение;
- использование результатов расчетов системы ОРАКУЛ при решении задач планирования и управления производством (оценка возможности и себе-

стоимости изготовления тех или иных марок стали, эффективности использования различных материалов и др.).

- разработка на базе системы ОРАКУЛ модуля имитационного моделирования реального сталеплавильного агрегата (в том числе в мультимедийных приложениях) для обучения технологического персонала приемам работы на агрегатах сталеплавильного цикла (так называемый «тренажер сталевара»).

### **13. Права использования и конфиденциальность**

Используемая при исполнении работ по контракту система ОРАКУЛ-ПК, включая программное обеспечение и документацию, являются собственностью ООО «НПП ОРАКУЛ».

ООО «НПП ОРАКУЛ» передает Заказчику неисключительное право на использование в составе АСУТП УПК полученной от ООО «НПП ОРАКУЛ» указанной выше интеллектуальной собственности.

ООО «НПП ОРАКУЛ» и Заказчик гарантируют соблюдение конфиденциальности в отношении сведений, полученных от другой стороны или ставших им известным в ходе выполнения работ, о которых установлено, что они имеют конфиденциальный характер. Эта гарантия относится к физическим и юридическим лицам, которым Стороны предоставили доступ к указанным данным в ходе выполнения работ.

## 14. Гарантии

На программное обеспечение системы ОРАКУЛ-ПК дается гарантия 12 месяцев с момента окончательной приемки системы.

В течение гарантийного периода ООО «НПП ОРАКУЛ» должно устранить все выявленные дефекты бесплатно и в приемлемые сроки.

Гарантия на прикладную программу распространяется на все выявленные в течение этого периода устранимые дефекты в прикладных программах системы, при которых функциональные возможности прикладной программы считаются не отвечающим требованиям, указанным в контракте или спецификации системы. Гарантия не распространяется на неисправности вследствие неправильного или неумелого обращения или использования, ошибки оператора, ошибки при передаче сигналов или данных, использования потребителем модификации прикладной программы, использования стандартных программ (операционной системы, компилятора и т.д.) или стандартных программ третьей стороны.