

# Применение модуля «Шихтование» в горно-обогатительном производстве

**К.В. Феофанов** — руководитель проектов «КОНСОМ ГРУПП»  
(направление горнодобывающая и горно-обогатительная промышленность)

**П.Л. Макашов** — заместитель директора по ИТ компании «КОНСОМ ГРУПП»

*В статье представлена информация о возможностях программного приложения, разработанного для предприятий горно-обогатительной промышленности, алгоритмы которого применимы в золотодобывающем производстве. Функциональность программного модуля «Шихтование», разработанного специалистами «КОНСОМ ГРУПП», позволяет оптимизировать подачу руды на обогатительное производство с усредненным элементным составом.*

**Ключевые слова:** оптимизация подачи руды, шихтование, усреднительные склады, золотодобывающее производство, обогатительное производство, ГИС, цифровизация, увеличение извлечения.

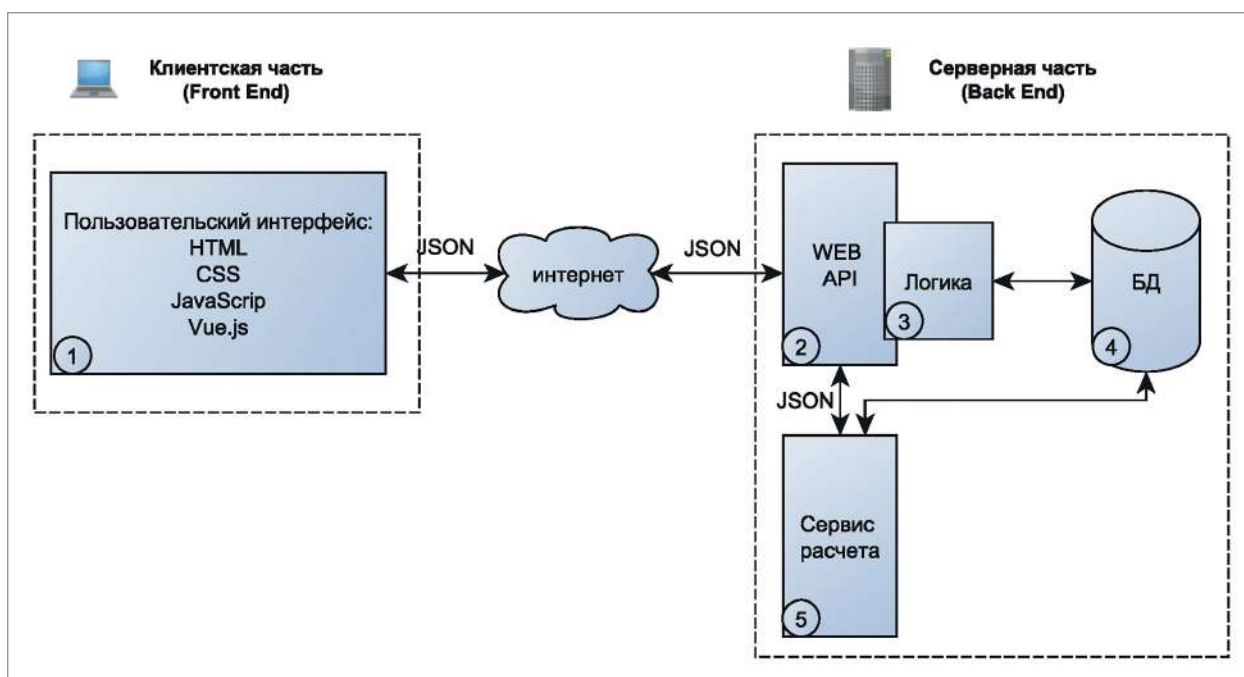
**О**сновной задачей разработки программного решения для предприятий горнодобывающей промышленности является формирование качества руды в транспортных потоках обогатительного производства для повышения степени извлечения полезного ископаемого, уменьшения расхода реагентов, что обеспечивает устойчивую стабильность элементного

состава сырья. Решение данной задачи напрямую влияет на повышение рентабельности горно-обогатительного производства.

Одним из наиболее эффективных способов усреднения элементного состава добытого полезного ископаемого является наличие усреднительных складов, но мы предлагаем оптимизи-

ровать затраты и повысить рентабельность с помощью применения программных алгоритмов, реализованных в программном приложении модуля «Шихтование».

Модуль «Шихтование», разработанный специалистами «КОНСОМ ГРУПП», предназначен для оптимизации рудных потоков горнодобывающих предприя-



**Рис. 1.** Архитектурная схема модуля «Шихтование»

**Условные обозначения:** 1 — Графическое отображение карты склада, контуров добычи, отчеты и т.д.; 2 — Контроллеры CRUD; 3 — бизнес-логика, логика взаимодействия с клиентской частью; 4 — исходные данные: данные по карьерам, контурам добычи, самосвалам, экскаваторам; 5 — Цифровое пространство, в котором математическая модель с помощью решения систем линейных уравнений ищет оптимизированные маршруты с горы на фабрику.

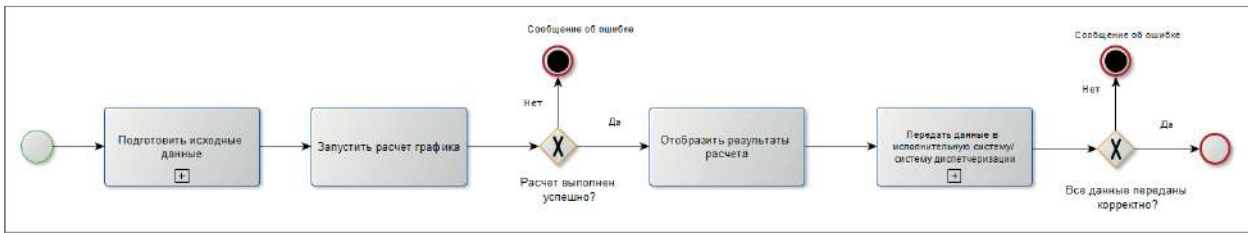


Рис. 2. Алгоритм работы модуля «Шихтование»

тий. Модуль позволяет решить следующие задачи:

- обеспечение обогатительной фабрики рудой, усредненной по компонентному составу при прямой подаче с карьера в календарном горизонте (5–10 дней);
- снижение затрат на транспортировку;
- выдача заданий на транспортировку руды в систему диспетчеризации горного транспорта.

Архитектура модуля «Шихтование» для оптимизации подачи руды на фабрику представляет собой одностраничное приложение Single Page Application (SPA). Схема архитектуры представлена на рисунке 1. Клиентская часть разработана с использованием фреймворка Vue.js, для разметки и описания внешнего вида веб-страниц используются языки HTML/CSS, а в качестве языка программирования — JavaScript. Обмен между клиентской и серверной частью осуществляется в формате JSON. В серверной части вынесен в отдельный сервис процесс решения оптимизационных задач, обмен web API с сервисом расчета осуществляется в формате JSON. В качестве базы данных используется MySQL.

Функциональная схема работы модуля «Шихтование» представлена на рисунках 2–4.

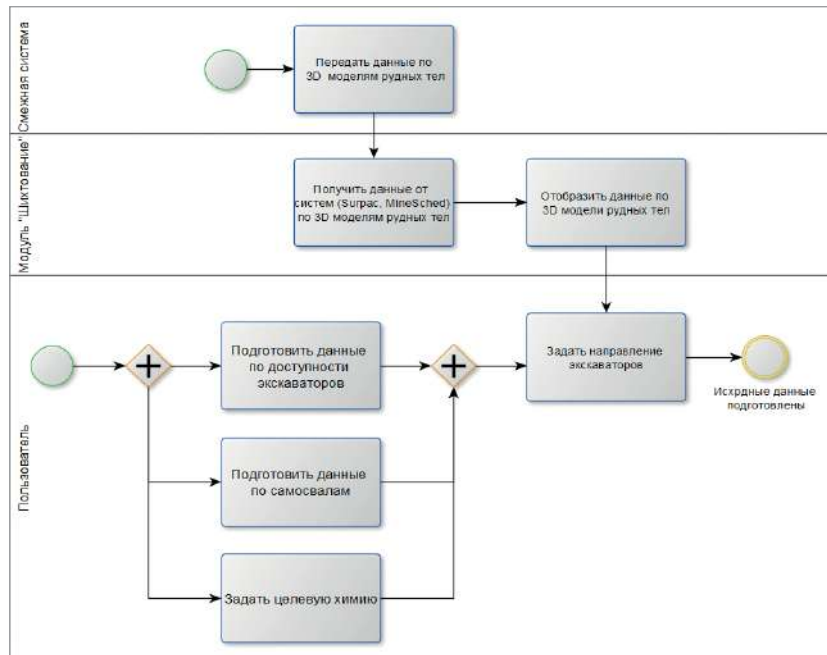


Рис. 3. Алгоритм работы модуля «Шихтование». Подготовка исходных данных

### Алгоритм работы модуля «Шихтование»

Пояснения к схеме на рисунке 2:

- **подготовить исходные данные** — для расчета графика работ экскаваторов и транспортировки руды самосвалами необходимо подгото-

вить данные по доступности экскаваторов и самосвалов, направлению экскаваторов, целевой химии;

- **запустить расчет графика** — запуск оптимизатора для поиска оптимизированных маршрутов с горы на фабрику или склад; ▶

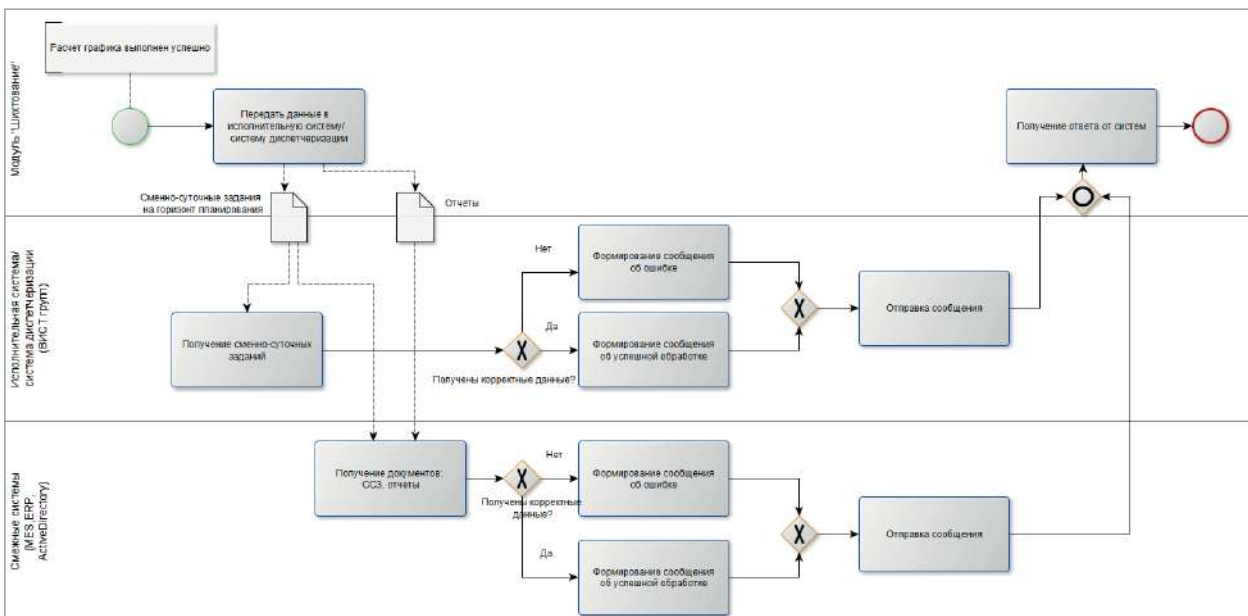


Рис. 4. Алгоритм работы модуля «Шихтование». Передача данных в исполнительную систему

Экскаваторы					События доступности					
Название	Добыча, м3/ч	Дальность черпания, м	Ширина черпания, м	Доступность	Название	Дата начала	Продолжительность	УЕ	Действие	Исп.
1000	220	4.0	2.0	По правилам	Простой	06.05.2021 16:00:00	1	День	Остановка	<input checked="" type="checkbox"/>
101	220	3.0	2.0	Всегда	Простой	02.06.2021 00:00:00	12	Час	Остановка	<input checked="" type="checkbox"/>
102	220	3.0	2.0	Всегда	Простой	29.07.2021 00:00:00	12	Час	Остановка	<input checked="" type="checkbox"/>
103	220	3.0	2.0	По правилам						
104	220	20.3	2.0	Всегда						
105	220	0.2	2.0	Всегда						
106	220	3.0	2.0	Никогда						
107	220	3.0	2.0	Никогда						
109	220	3.0	2.0	По правилам						
1091	220	3.0	2.0	По правилам						
10912	220	3.0	2.0	По правилам						
200	220	4.0	2.0	По правилам						
201	220	4.0	2.0	По правилам						
202	220	5.0	3.0	Всегда						
205	220	2.0	3.0	По правилам						
3000	220	9.0	5.0	По правилам						
5000	220	3.0	3.0	По правилам						

Периодическая доступность							
Название	Дата начала действия	Продолжительность	УЕ	Период повтора	УЕ	Действие	Исп.
Плановый простой	01.06.2021 08:00:00	1	Смена	30	День	Остановка	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 5. Формирование регламентов работ экскаваторов и самосвалов

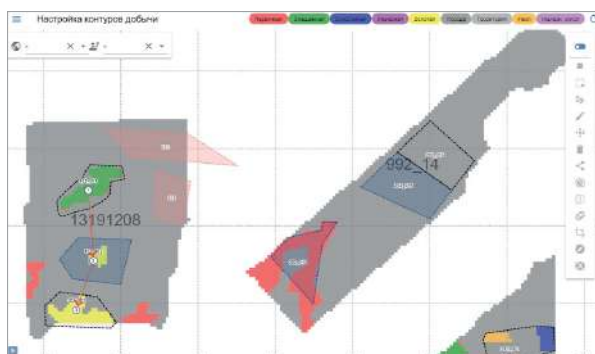


Рис. 6. Разметка контуров блоков добычи

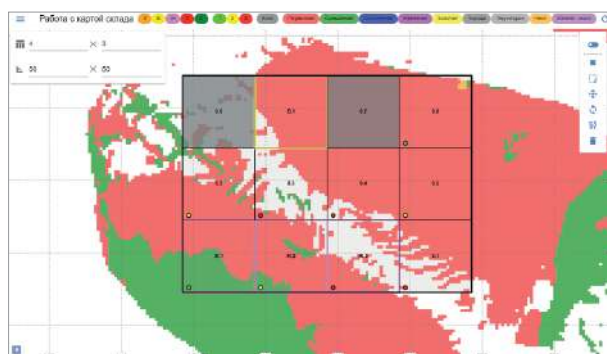


Рис. 7. Отображение размещения руды на буферных складах

- **отобразить результаты расчета** — отображение результатов расчета графика в случае найденных вариантов маршрутов, иначе пользователю отображается только текст ошибки;
- **передать данные в исполнительную систему/систему диспетчеризации** — интеграция с системами, в которые передаются результаты расчета графика;

**Подготовка исходных данных**  
Пояснения к схеме на рисунке 3 (с. 115):

- **пользователем вручную (или интеграция при наличии данных в смежных системах)** задаются исходные данные для расчета графика работ экскаваторов и транспортировки руды самосвалами.
- **получить данные от систем по 3D-модели рудных тел** — данные по геомоделям должны быть обязательно получены путем интеграции или импортом.
- **пользователем вручную в системе** задаются направления движения

экскаваторов при выборке с указанием добычи породы или вскрыши на картах, полученных из смежных систем.

**Передача данных в исполнительную систему**

Пояснения к схеме на рисунке 4 (с. 115). При положительном результате расчета графика, информация в виде сменнo-суточных заданий и отчетов передается в смежные системы. При любом исходе интеграции смежная система должна вернуть ответ по результатам получения данных.

Модуль «Шихтование» обладает следующим функционалом:

- **загрузка геоданных по блокам добычи из ГИС системы;**
- **загрузка данных о доступности руды на буферных складах;**
- **формирование регламентов работ экскаваторов и самосвалов (рис. 5);**
- **разметка контуров блоков добычи (рис. 6);**

- **отображение размещения руды на буферных складах (рис. 7);**
- **отображение информации по работе контуров и доставке руды за определенный период (горизонт планирования);**
- **работа с нормативно-справочной информацией (заполнение, редактирование справочников);**
- **автоматизированное формирование плана добычи и транспортировки руды;**
- **автоматизированная подготовка информации и просмотр отчетов по согласованной форме (рис. 8).**

Модуль «Шихтование» позволяет планировать рудопотоки, обеспечивая требуемые целевые показатели качества, с условием минимального пробега самосвалов. Это позволяет снизить расход ГСМ, износ шин, амортизацию самосвалов (рис. 9).

Формирование рудопотока с заданными качественными характеристиками это всегда синергия систем контр-

оля и управления. Использование и внедрение системы требует разработки комплекса регламентов, что в совокупности позволит вести производственный процесс более эффективно, повышая коэффициент извлекаемости полезных ископаемых, сокращая операционные расходы на транспортировку и снижая потери полезных ископаемых в процессе обогащения.

Важно отметить, что строительство усреднительных складов требует вложения значительных средств, а также занимает большую территорию. Таким образом, предприятие сможет получить прямую выгоду, внедрив систему, которая стоит в сотни раз меньше, а также повышает эффективность работы обогащательного предприятия.

Мы постоянно стремимся совершенствовать программное приложение и его алгоритмы, проводим эксперименты на разных промышленных площадках. Каждое предприятие, обратившись в «КОНСОМ ГРУПП», получит оптимальное современное решение по управлению производством, которое можно будет обновлять и адаптировать в соответствии с развитием технологий и бизнеса. ♦

Дата	Тип	Итого	План	Факт	Откл.	Откл. %	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от	Откл. от
28.07.2021	Карьер	102	102	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.07.2021	Склад	102	102	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28.07.2021	Итого	204	204	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 8. Отчет по согласованной форме

Дата	Склад	Итого	План	Факт	Откл.
28.07.2021	Итого	0.02	1.02	0.02	1.00
28.07.2021	Итого	0.02	1.02	0.02	1.00

Рис. 9. Нужна подпись



**К ИННОВАЦИЯМ  
СОВМЕСТНЫМИ УСИЛИЯМИ**



НАШИ КЛИЕНТЫ



KONSOM.RU

РЕКЛАМА