

УДК 631.35

**СИНЕРГИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ -  
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД МИГРАЦИИ БИБЛИОТЕК  
СТАНДАРТНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
PTC WINDCHILL В ЭКОСИСТЕМУ АСКОН**

И.А. Кольцова<sup>1</sup>, Ж.В. Кадолич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,  
г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

**Аннотация**

В статье рассматривается решение комплексной задачи миграции библиотек стандартных изделий (далее - СТИ) из системы PTC (Creo/Windchill) в единое информационное пространство экосистему АСКОН (МДМ Полином, Лоцман:PLM, КОМПАС-3D) на опыте Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» (далее - НТЦК).

Экосистема АСКОН — это комплекс программных продуктов для автоматизации всего жизненного цикла изделия (от проектирования до производства и управления), которые тесно интегрированы между собой и используют единые данные. Ключевая сложность заключается в фундаментальном различии идеологий хранения данных: система уникальных экземпляров в PDM Windchill (далее - Windchill) против параметрических генеративных моделей в МДМ Полином (далее - Полином). Это делает прямое автоматическое преобразование тысяч моделей невозможным.

Данная статья посвящена решению указанной проблемы путем разработки технологии преобразования атрибутов и геометрии СТИ в параметры генеративных шаблонов, обеспечивающей целостность данных и минимизацию рисков.

На примере ОАО «Гомсельмаш» рассмотрен опыт миграции библиотек стандартных изделий из PTC Creo/Windchill в экосистему АСКОН. Для преодоления фундаментального различия идеологий хранения данных предложена технология (методология) маппинга атрибутов, обеспечившая целостность данных и минимизацию потерь. Статья представляет практическую ценность для предприятий, осуществляющих переход между разнородными CAD/PLM-системами.

**Технология маппинга (mapping)** — это процесс установления соответствий (связей) между элементами данных в разных системах.

**Ключевые слова:** миграция данных, PTC Windchill, Creo, АСКОН, МДМ ПОЛИНОМ, Лоцман:PLM, КОМПАС-3D, стандартные изделия, параметрическая модель, маппинг атрибутов, интеграция систем.

### **Введение**

Современное производство ОАО «Гомсельмаш» достигло такого уровня сложности, что его эффективное функционирование немыслимо без синергии цифровых технологий, объединяющих системы автоматизированного проектирования (CAD), управления инженерными данными (PDM) и полным жизненным циклом изделий (PLM). Эти системы формируют единое информационное пространство, становясь цифровой основой ОАО «Гомсельмаш», которая обеспечивает конкурентоспособность.

В условиях импортозамещения отечественные промышленные предприятия сталкиваются со стратегической задачей перехода с зарубежных CAD/PLM-систем на отечественные [1], [2].

Под стандартными изделиями (СТИ) понимаются изделия, примененные по государственным стандартам; отраслевым стандартам; республиканским стандартам; стандартам предприятий. В Windchill в контексте «Библиотека - Библиотека комплектующих» находится актуальная информация, например, по болтам, гайкам, шпонкам и другим стандартным изделиям (раздел спецификации «Стандартные изделия» ГОСТ 2.106» ЕСКД.Текстовые документы», состояние жизненного цикла «Выпущено»). В конструкторской спецификации раздел спецификации «Стандартные изделия».

**В связи с этим, актуальнейшей практической задачей становится разработка и исследования технологий миграции данных, в первую очередь — библиотек стандартных изделий из Windchill PTC в среду АСКОН, а именно: в систему управления метаданными МДМ ПОЛИНОМ, с последующей интеграцией в PLM-систему Лоцман и использованием в CAD-системе КОМПАС-3D. Разные системы, технологии, разные разработчики, разные форматы данных и расширения файлов, фундаментальное различие в подходах к хранению и генерации геометрических данных.**

Основная сложность заключается в фундаментальном различии подходов к хранению геометрической информации: от технологии строго уникальных моделей в Windchill к технологии параметрических генеративных моделей в ПОЛИНОМ.

В первую очередь необходимо перенести информацию по «Библиотекам». Данные по стандартным изделиям (СТИ) в системе Windchill расположены в отдельном контексте «Библиотека - Библиотека комплектующих», для конструкторов определен доступ для «Чтения» для данных из библиотеки, которые используются конструкторами при трехмерном проектировании и разработке конструкторской документации.

В Windchill актуальность информации поддерживается администраторами библиотеки. Данные библиотеки Windchill взаимосвязаны, проверены и актуальны с данными в заводской системе SAP.

Цифровые данные «Библиотека - Библиотека комплектующих» в Windchill содержат атрибуты (параметры) и цифровую (электронную) 3Д-модель данного стандартного изделия. При миграции необходимо поработать технологию экспорта/импорта:

- миграции атрибутов;
- миграции 3Д-моделей.

Сегодня нет готового решения от вендоров, АСКОН – и предстоит НТЦК разобраться, разработать и научно обосновать технологию(методологию) миграции, которая позволит преодолеть разрыв между системами, обеспечить целостность и корректность данных на всех этапах жизненного цикла и минимизировать риски потери критически важной информации по атрибутам и 3Д-моделям[3], [4].

Технологии хранения и генерации геометрических данных (3Д-моделей):

- **PTC Windchill/CREO** - применяется технология **уникальных экземпляров (Unique Instances)**. Каждая модификация детали (например, болт М8х20 и болт М8х25) представлена в системе как отдельный, уникальный файл геометрической модели.

- **экосистеме АСКОН в Полином** реализована технология **параметрических генеративных моделей (Generative Models)**. Система оперирует не массивом отдельных файлов, а едиными шаблонами, которые по запросу генерируют необходимую геометрию на основе заданного набора параметров (диаметр, длина и пр.).

В целевой системе, АСКОН Полином - рекомендован иной, более эффективный с точки зрения управления данных подход: создание одной параметрической модели-шаблона (например, «Болт»). Нужная геометрия генерируется и перестраивается «на лету» путем задания конкретных параметров (диаметр, длина, шаг резьбы, класс прочности и т.д.).

## **1. Анализ исходной и целевой систем данных.**

### **1.1. Модель данных в PTC Windchill/Creo.**

В конфигурации в системе Windchill функционирует по принципу управления уникальными экземплярами. В настоящий момент в НТЦК при работе с Windchill установлено и работает правило. Каждый экземпляр СТИ имеет атрибуты: наименование, обозначение, масса, ед.измерения, имя файла, версия модели, версия составной части и пр.. (Рис. 1.- Запись СТИ в Windchill). Каждому конкретному экземпляру СТИ сопоставлена индивидуальная модель.

Обозначение	Наименование	Наименование файла	Состояние	Раздел спецификации
2827МП	Болт М10-6gX25.88 ГОСТ 77...	bolt_m10_25_6g_gost7796.prt	Выпущено	Стандартные изделия

Рис. 1 – Запись СТИ в Windchill

В НТЦК Windchill каждое СТИ- уникальное. Имеет свои атрибуты и уникальную 3Д-модель.

Каждое стандартное изделие (например, болт М8х20) представлено в системе как самостоятельный объект со следующим набором данных (атрибутивных и графических представлений):

- уникальная геометрическая модель: файл детали в формате CREO (PRT). В CREO/Windchill модель СТИ уникальная;
- уникальный системный идентификатор (ID): Неизменяемый ключ объекта в базе данных Windchill;
- уникальный набор атрибутов: Наименование, Обозначение, Масса, Материал, Версия, Состояние жизненного цикла и др:
- уникальное имя файла, закрепленное за 3Д-моделью;
- множество других атрибутов (параметров).

### 1.2 Таблицы семейств PTC CREO/Windchill.

Таблицы семейств не используются. Пользователю запрещено использовать. Запрет на использование «таблиц семейств» (Family Tables) в CREO приводит к созданию тысяч геометрически подобных, но организационно независимых объектов. Это обеспечивает высокую прослеживаемость и отказоустойчивость, но порождает значительную избыточность данных и усложняет управление библиотеками.

**Глобальная проблема миграции - передачи 3Д-моделей - из CREO/Windchill в Компас/АСКОН для раздела спецификации «Стандартные изделия» (далее СТИ).**

Актуален вопрос. Как передать модель из Creo/Windchill (алгоритм передачи) в АСКОН Полином?

В АСКОН МДМ ПОЛИНОМ заложена технология работы с параметрическими моделями. МДМ ПОЛИНОМ для изделий, имеющих одинаковое функциональное назначение, параметры, типы размерных рядов изделий, рекомендуется создавать параметрические модели [4], [5].

**1.3 Сравнение технологии работы с файлами (графических представлений СТИ).**

*Рассмотрим пример, в PTC Windchill:* В НТЦК есть 1000 уникальных моделей болтов М8х20, М8х25, М10х30 и т.д. Каждая имеет свой уникальный файл, уникальный ID в системе и уникальные атрибуты.

**В АСКОН Полином:** имеем одну параметрическую модель "Болт", которая по заданным параметрам (Диаметр, Длина, шаг, резьба, Класс прочности, имя модели) генерирует (перестраивает) нужную геометрию.

Технология Полином[5] основана на работе с обобщенными 3D-моделями Полином.

Для изделий, имеющих одинаковое функциональное назначение, рекомендуется создавать обобщенные (комплексные) 3D-модели. В этом случае замена в документе одного типа изделия на другой осуществляется без потери сопряжений и других связей. Типовой пример комплексной модели – PLib\_Bolt\_1\_712.m3d. Пользователь может найти ее в Библиотеки компонентов. Как правило, обобщенной моделью является параметрическая модель или модель с исполнениями. Используя одну обобщенную модель, пользователь может создать типоразмерный ряд изделий. При высокой сложности обобщенной модели допускается создание разных моделей для изделий, имеющих одинаковое функциональное назначение. Например, для изделий типа «Болт» и «Винт». Изменение конфигурации модели выполняется путем добавления или исключения набора операций. При этом:

- добавление операции приводит к добавлению в модель всех ее родителей;
- исключение операции приводит к исключению из модели всех ее потомков.

Составные изделия. Составное изделие (сборка) должно быть представлено несколькими файлами:

- файл сборки формата .a3d;
- файлы деталей (компонентов сборки) формата .m3d.

***Вывод: Прямого автоматического "преобразования" тысяч уникальных моделей в одну параметрическую не существует.***

Получается, что скопировать файлы нельзя. Механизм передачи — это не просто копирование файлов, а сопоставление (все время надо сравнивать) атрибуты уникальной модели из Windchill с параметрами генеративной модели в Полином. Это самый важный этап. Для каждой уникальной модели из Windchill необходимо определить, каким параметрам в Полином она соответствует.

Из справки Полином [4],[5]. В Полином одна параметрическая модель — это 3D-модель геометрия, которых управляется не размерами, а формулами и параметрами. Задаем ключевые переменные (например, диаметр = 50мм, длина = 2 \* диаметр) и система автоматически перестраивает геометрию при их изменении. В Полином одна базовая, параметрическая модель для того, что бы быстро получать на основе одной модели целое семейство (ряд) изделий разных типоразмеров, но одинаковой конструкции и функционального назначения (например, болты М6х20,

М8х30 и т.д.). Пример представлен в Таблица 1- Полином. СТИ  
Наименования и Имена файлов

Таблица 1- СТИ Полином Наименования и Имена файлов

НАИМЕНОВАНИЕ стандартного изделия ПОЛИНОМ	ИМЯ ФАЙЛА модели ПОЛИНОМ
Болт М12х1,25-6gx32.029 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d
Болт М12х1,25-6gx90.029 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d
Болт М10х1,25-6gx30.68.029 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d
Болт М12х1,25-6gx56.029 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d
Болт М10х1,25-6gx30 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d
Болт М4-6gx20.023 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d
Болт М12х1,25-6gx45.029 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d
Болт М12х1,25-6gx63.029 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d
Болт М12х1,25-6gx50.029 ГОСТ 15163-78	Plib Tapered bolt GOST 15163 911.m3d

Из Таблицы 1 видно, что одной группе болтов соответствует один файл модели. Изначально, следует предусмотреть соответствие атрибутов и 3Д-моделей при миграции. При миграции данных как будет устанавливаться соответствие моделей, имен файлов (которые входят в сборочные единицы), параметров. Следует определить. Как модель из CREO/Windchill передаётся (алгоритм передачи) в АСКОН МДМ ПОЛИНОМ?

**1.4 Для миграции данных необходимо исследовать вопросы соответствия атрибутов и 3Д-моделей:**

– как устанавливается соответствие для каждой уникальной модели из Windchill - ставятся (определяются) в соответствие параметры для генеративной модели в ПОЛИНОМ.

– как устанавливается соответствие имен файлов? Имена файлов не совпадают и не переносятся напрямую. Или оставляем такое имя файла как в Windchill?

– как имена файлов будут меняться в сборках при миграции? Это необходимо для последующей замены компонентов в сборках.

– как устанавливается соответствие параметров? Параметры из атрибутов Windchill с параметрами Полином?

Предусмотреть ограничения, риски при передаче атрибутов и 3Д-моделей. При передаче конвертации моделей необходимо проверять:

– геометрию: потеря при передачи геометрии интерфейсов, резьбы, осей, массы;

– проверка моделей CREO/Windchill с моделью Полином;

– порядок передачи моделей Полином затем в Лоцман;

– загрузка в SAP.

**1.5 Модель данных в АСКОН МДМ Полином.** МДМ ПОЛИНОМ реализует принцип параметрического моделирования для управления библиотеками стандартных изделий. Его функциональность основана на следующих технологиях [5]:

- **Процесса генерации. Использование генеративная модели:** Для всего семейства изделий (например, всех болтов) создается одна параметрическая 3D-модель (шаблон). Ее геометрия управляется не размерами, а через программно-заданные параметры (Диаметр, Длина, Шаг резьбы).

- **Параметрическое управление:** Изменение значений параметров автоматически инициирует перестроение геометрии модели по заданным алгоритмам и формулам.

- **Экономия ресурсов:** Один файл шаблона заменяет тысячи файлов уникальных моделей, радикально сокращая объем хранимых данных и упрощая внесение конструктивных изменений во все семейство сразу.

**Вывод:** сегодня прямое преобразование (конвертация) тысяч уникальных .prt-файлов Creo/Windchill в один параметрический шаблон ПОЛИНОМ **технически невозможно**. Задача миграции трансформируется из задачи переноса файлов в задачу **сопоставления информации** (Data Mapping). Для каждого уникального объекта из Windchill необходимо определить, каким набором значений параметров в генеративной модели ПОЛИНОМ он может быть однозначно описан и воспроизведен.

## 2. Разработка технологии (методологии) миграции

Миграция данных – комплексный процесс переноса данных из одной системы хранения или формата в другую, которая включает:

- 4) Извлечение данных из источника Creo/Windchill (старая система, файл).

- 5) Трансформация (приведение к структуре, формату, стандартам новой системы).

- 6) Загрузка в целевую экосистему АСКОН-Полином.

Предлагаемый процесс миграции, состоит из последовательных этапов.

### *Этап 1. Подготовка и экспорт данных из Windchill*

**Цель:** Сформировать полный и структурированный список мигрируемых объектов.

**Методы:** Используя отчетные механизмы Windchill или прямое обращение к базам данных, выполняется выгрузка всех атрибутов по каждому объекту СТИ в структурированный файл (форматов CSV, XML, JSON). Ключевые выгружаемые поля: Windchill ID, Имя файла,

Наименование, Обозначение, Масса, Версия, Ед.измерения, а также параметры, содержащиеся в наименовании (например, «Болт М8х20» -> D=8, L=20).

Первым шагом является автоматизированная выгрузка из Windchill не самих геометрических файлов, а их метаданных. Для каждого уникального ID 3Д-модели должны быть извлечены атрибуты:

- Наименование
- Обозначение; Версия; Состояние жизненного цикла;
- Раздел спецификации
- Масса
- Единица измерения
- Имя файла и др.

Эти данные формируют исходную базу для дальнейшего преобразования. Выгрузка может быть осуществлена с помощью стандартных отчетов Windchill или через его API (Application Programming Interface – это интерфейс прикладного программирования - набор правил и инструкций, которые позволяют разным программам взаимодействовать друг с другом).

### ***Этап 2. Создание и параметризация шаблонов в ПОЛИНОМ***

**Цель:** Разработать генеративные модели, покрывающие все номенклатурные ряды мигрируемых изделий.

**Методы:** Пользователь создает в Полином шаблоны для каждого класса изделий (болты, гайки, шайбы). В модели определяются управляющие параметры, имена которых должны быть стандартизированы и логически понятны (Диаметр, Длина, Шаг\_резьбы). Алгоритмы и формулы обеспечивают корректное изменение геометрии.

#### ***Этап 2.1 Трансформация данных и построение таблицы соответствия (Mapping Table).***

Это центральный и наиболее сложный этап. Его цель – установить связь между каждым «Уникальным\_ID\_Windchill» и набором параметров генеративной модели в Полином.

Предполагается три режима работы:

1. Автоматизированный: Для моделей, атрибуты которых (Наименование, Обозначение) однозначно и по заранее заданным алгоритмам (регулярным выражениям) могут быть парсированы в параметры (Диаметр, Длина, Класс прочности и пр.).

2. Полу-автоматизированный: Для случаев, требующих проверки и ручного подтверждения оператором.

3. Ручной: Для нестандартных или сложных случаев, где автоматическое сопоставление невозможно.

Результатом этапа является «Таблица Соответствия (Mapping Table)», которая является главным управляющим документом миграции. Ее структура:

«Windchill\_ID | Параметр\_1 | Параметр\_2 | ... | Параметр\_N |  
Имя\_шаблона\_в\_ПОЛИНОМ»

### ***Этап 3: Интеграция через API ПОЛИНОМ. Разработка программ***

После формирования Mapping Table специальная программа-конвертер, используя API системы АСКОН ПОЛИНОМ, должна для каждой строки таблицы:

1. Найти в библиотеке ПОЛИНОМ нужную параметрическую модель-шаблон.
2. Передать ей набор параметров.
3. Инициировать процедуру генерации новой геометрии.
4. Сохранить сгенерированную модель в виде файла КОМПАС-3D (например, .kompas).

Для каждого предприятия необходимо решить алгоритм по «именам файлов» при миграции. Регламент именования файлов 3D-моделей. Предлагается не сохранять исходные имена файлов из Windchill, так как они не несут смысловой нагрузки и не унифицированы. Имя файла в КОМПАС должно генерироваться по внутренним правилам ПОЛИНОМ или на основе переданных параметров (например, «Болт\_M8\_20\_10.9.kompas»). Соответствие между «Windchill\_ID» и новым именем файла должно фиксироваться в той же или дополнительной таблице соответствия (Имена файлов должны определяться в алгоритме ранее).

### ***Этап 4. Мэппинг атрибутов и параметров (Ключевой этап)***

**Цель:** Установить однозначное соответствие между объектами Windchill и наборами параметров ПОЛИНОМ.

#### **Методы:**

1. **Анализ и нормализация данных:** Атрибуты из выгрузки Windchill приводятся к единому формату. Параметры из текстовых полей (Наименование) извлекаются с помощью скриптов (используемая функциональность регулярные выражения).

2. **Создание таблицы соответствия:** Формируется главная таблица миграции. Для каждого Windchill ID в ней прописываются:

- соответствующий шаблон в ПОЛИНОМ (например, «Болт\_Шестигранный»);
- значения всех параметров для этого шаблона;
- новое имя файла для генерируемого экземпляра.

### ***Этап 5. Пакетная генерация экземпляров в ПОЛИНОМ***

**Цель:** автоматическое создание моделей в КОМПАС-3D на основе таблицы соответствия. **Методы:** Используя API ПОЛИНОМ, запускается скрипт, который для каждой строки таблицы:

- a) выбирает нужный шаблон;
- b) задает ему значения параметров;

c) выполняет генерацию геометрии;  
d) сохраняет результат в файл с заранее заданным **новым именем** (например, Болт\_M8x20\_Кл.8.8.m3d). Важно отказаться от прямого копирования имен из Windchill для избежания конфликтов и следования новой системе именования. Предполагается хранить имя файла Windchill в Атрибутах Полином.

### **3. Установление соответствия (маппинг) - наиболее важный и наукоемкий этап.**

Следует сопоставить каждую запись в реестре из Windchill с набором значений параметров в модели Полином.

Действия:

**Сопоставление параметров:** Для каждой уникальной модели анализируются ее атрибуты. На основе этих данных заполняются значения параметров ПОЛИНОМ. Например, для болта из Windchill с именем «M8x20»:

a) Атрибут **Наименование** -> Параметр в ПОЛИНОМ **Наименование** = "Болт"

b) Атрибуты, извлеченные из имени/обозначения -  
> **Диаметр\_резьбы** = 8, **Длина\_стержня** = 20.

c) Атрибут **Масса** -> Параметр **Масса** = [значение из Windchill] (для последующей проверки).

**Создание таблицы соответствия:** формируется таблица (например, в Excel), где каждой уникальной модели Windchill (ее оригинальный ID или имя файла) ставится в соответствие набор параметров для ПОЛИНОМа. Эта таблица становится главным управляющим документом миграции.

### **4. Обработка сборочных единиц и обновление ссылок.**

Так как СТИ входят в сборочные единицы, то необходимо заменить СТИ в сборках.

**Цель:** Обеспечить целостность сборок после замены компонентов.

**Методы:** Это наиболее сложный технический этап.

a) Сборки Windchill экспортируются в нейтральный формат (STEP 242), сохраняющий дерево компонентов и имена файлов[6], [7].

b) Разрабатывается software-инструмент (например, скрипт на Python или другой язык программирования), специализированный конвертер), который загружает сборку, анализирует ее структуру и для каждого компонента находит в таблице соответствия его новое имя и путь в системе ПОЛИНОМ/Лоцман.

c) Инструмент производит замену ссылок в сборке.

d) Обновленная сборка импортируется в Лоцман PLM.

**Обработка сборок и замена компонентов**

Миграция отдельных деталей бессмысленна без обновления сборок, где они используются. Процесс требует создания отдельного скрипта для трансформации сборок Creo (.asm). Алгоритм его работы:

1. проанализировать структуру сборки CREO, получив список всех входящих в нее компонентов и их уникальных Windchill ID.

2. для каждого компонента, являющегося СТИ, найти через Mapping Table эквивалент в системе ПОЛИНОМ (параметры и, как следствие, имя сгенерированного файла .kompas).

3. заменить ссылку на оригинальный файл Creo (.prt) на ссылку на новый файл КОМПАС (.kompas) в структуре преобразуемой сборки. Замена должна происходить не по имени файла, которое меняется, а по привязке к уникальному ID из исходной системы Windchill. Это гарантирует точность и избежать ошибки.

#### **5. Контроль качества и верификация при миграции.**

После выполнения миграции следует проверить качество атрибутов и моделей.

**Цель:** минимизировать ошибки миграции.

**Методы:**

1) **Верификация геометрии:** Выборочное сравнение элементов (резьбовые поверхности, фаски, посадочные зоны) в исходной и сгенерированной моделях. Проверка на коллизии в сборках.

2) **Сверка метаданных:** Автоматическая проверка соответствия масс, моментов инерции и других атрибутов. Расхождения сверх допустимой погрешности требуют ручного анализа.

3) **Проверка целостности сборок:** Полная проверка сборок на наличие потерянных ссылок, недогруженных компонентов и ошибок сопряжения.

Верификация и контроль качества миграции. Для подтверждения корректности процесса миграции необходим строгий регламент выборочной проверки. Пункты для сравнения исходной и конечной моделей:

а) Проверка геометрии. Геометрическое соответствие: Сравнение ключевых размеров, полученных из чертежа или путем автоматизированного замера в САД-системах. Особое внимание уделить сложным геометрическим элементам (резьбы, фаски, скругления).

б) Соответствие массо-габаритных характеристик (объемов): Сравнение массы и объема модели. Допустимые отклонения должны быть регламентированы (например, не более 1% из-за факта, разные математические ядра геометрического моделирования в CREO и КОМПАС).

с) Семантическая корректность: Проверка сохранности и правильности переноса основных атрибутов: Обозначения, Наименования, Раздела спецификации.

d) **Функциональность:** Проверка наличия и корректности критических элементов, таких как резьбовые поверхности, которые важны для последующих процессов сборки и создания чертежей.

Проверка должна охватывать все типы стандартных изделий и различные диапазоны параметров.

## **6. Анализ рисков при миграции и пути их уменьшения последствий**

При миграции данных следует предупредить риски:

- **Потери геометрической информации:** При конвертации в нейтральные форматы (STEP) параметрическая информация и история построения теряются. Резьбы могут превратиться в аппроксимацию. **Решение:** Настройка конвертеров на максимальную детализацию. Для критичных элементов – ручная доработка в КОМПАС-3D после миграции.

- **Ошибки маппинга:** Неоднозначность наименований в Windchill может привести к некорректному определению параметров. **Решение:** Разработка сложных алгоритмов парсинга с машинным обучением или организация этапа верификации выборки.

- **Производительность:** Обработка тысяч сборок может занять значительное время. **Решение:** Оптимизация скриптов, параллельные вычисления, разбиение процесса на пакеты.

## **Выводы**

Предложенная технология (методология) миграции данных из PTC Windchill в экосистему АСКОН представляет собой комплексный подход, основанный на технологии маппинга атрибутов, а не на прямой геометрической конвертации. Успех проекта зависит от тщательной подготовки данных, создания детализированных таблиц соответствия.

Ключ к успеху – создание детальной и точной таблицы соответствия атрибутов и параметров, которая является цифровым мостом между двумя различными технологиями хранения данных.

Результатом является не просто перенос данных, а их трансформация в качественно новую, более эффективную и управляемую форму. Внедрение параметрического подхода через МДМ ПОЛИНОМ позволяет радикально сократить объем хранимых данных, ускорить процесс проектирования за счет быстрой генерации новых типоразмеров и повысить точность данных всей цепочке CAD-PLM-ERP.

Данная работа может служить практическим руководством для предприятий, стоящих перед аналогичными задачами консолидации и миграции CAD/PLM-систем, и вносит вклад в развитие методик управления цифровыми двойниками изделий в условиях IT-среды.

Предложенная методология решает комплексную задачу миграции данных стандартных изделий между разнородными PDM-системами с принципиально разными технологиями к хранению геометрии. Ключевыми элементами решения являются:

- a) Признание отсутствия прямого конвертера и необходимость промежуточного преобразования данных.
- b) Использование таблицы соответствия (Mapping Table) как центрального управляющего элемента процесса.
- c) Деление процесса на четкие этапы: выгрузка, трансформация, генерация через API, обработка сборок.
- d) Децимация связи "файл-файл" и переход к связи "ID-параметры-файл".

**Связь "Файл-Файл" - Как было в Windchill.** Уникальный код, который ссылается не на конкретный файл, а на тип объекта (например, "Болт\_Гост\_7798").

#### **Связь "ID-Параметры-Файл" (Как стало в ПОЛИНОМ).**

ID (Идентификатор): Уникальный код, который ссылается не на конкретный файл, а на тип объекта (например, "Болт\_Гост\_7798").

Таким образом, "децимация" связи "файл-файл" и переход к "ID-параметры-файл" — это и есть суть методологии маппинга. Это процесс преобразования тысяч файлов в единую, интеллектуальную систему правил и шаблонов, что кардинально повышает эффективность работы с библиотеками стандартных изделий.

- e) Разработка комплексного регламента верификации для обеспечения качества результата проверка после миграции.

Процесс требует значительных трудозатрат на подготовительном этапе (создание и наполнение таблицы соответствия), он окупается за счет последующего эффективного управления библиотекой стандартных изделий в новой системе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. США запретили предоставлять IT услуги России: что это значит. – URL: [https://kontur.ru/talk/spravka/52604ssha\\_zapretili\\_predostavlyat\\_ituslugi\\_rossii/](https://kontur.ru/talk/spravka/52604ssha_zapretili_predostavlyat_ituslugi_rossii/) (дата обращения: 19.05.2024).
2. Российский IT-рынок проходит через санкционную облачность. Обобщение. – URL: <https://www.interfax.ru/russia/966517/> (дата обращения: 19.08.2024).
3. Санкции в отношении IT-услуг и программного обеспечения. – URL: <https://konsugroup.com/news/it-sanctions-2024/> (дата обращения: 19.08.2024).

4. Аскон. Сквозная 3Д-технология – конкурентное преимущество бизнеса. – URL: <https://ascon.ru/solutions/ct3d/> (дата обращения: 19.08.2024).

5. Документация и технические спецификации АСКОН: «Руководство администратора Лоцман:PLM», «Методики параметризации в КОМПАС-3D», «Работа с библиотеками стандартных изделий в МДМ ПОЛИНОМ». – URL: <https://ascon.ru/> (дата обращения: 10.10.2023).

6. Кольцова, И. А. Актуальные вопросы импортозамещения программного обеспечения для подготовки конструкторской документации / И. А. Кольцова, Ж. В. Кадолич // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2025. – № 3 (102). – С. 116–124. – DOI 10.62595/1819-5245-2025-3-116-124

7. Кольцова, И. А. Синергия миграции и обмена данных при использовании импортозамещающих технологий / И. А. Кольцова Ж. В. Кадолич // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, июнь 2024 г. : в 2 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2024. – Т. 1. – С. 134–147.

УДК 339.138

## **ЭКСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ КАК ОСНОВА СТРАТЕГИИ ЕЕ РАЗВИТИЯ**

С.В. Михолап, Д.Е. Муляр  
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

### **1 Экспортный потенциал страны и его составляющие**

Экспортный потенциал страны представляет собой комплексную характеристику, отражающую способности национальной экономики к производству товаров и услуг, конкурентоспособных на международных рынках. Он включает в себя не только количественные показатели, такие как объем экспорта, но и качественные аспекты, касающиеся уровня технологий, инновационных процессов, а также соответствия стандартам и требованиям мирового рынка.

Процесс формирования экспортного потенциала основывается на множестве факторов, которые можно условно разделить на две основные категории: сравнительные национальные преимущества и новые конкурентные преимущества.

Сравнительные преимущества охватывают такие аспекты, как:

1. Географическое положение – это фактор, напрямую влияющий на транспортные издержки и логистику, что имеет важное значение для международной торговли.

2. Наличие природных ресурсов: запасы минералов, полезных ископаемых и других природных ресурсов могут значительно повысить экспортный потенциал, особенно став основой для обрабатывающей промышленности.

3. Макроэкономические и политические условия: стабильная макроэкономическая среда и предсказуемая политическая ситуация создают уверенность у инвесторов и предпринимателей, способствуя росту экспортной активности.

4. Законодательная база: наличие четких и прозрачных норм, регулирующих внешнеэкономическую деятельность, способствует развитию экспорта.

5. Инфраструктурные аспекты: развитая транспортная и логистическая инфраструктура играют ключевую роль в снижении издержек и времени доставки товаров.

6. Уровень образованности населения: высокий уровень образования способствует повышению квалификации рабочей силы и внедрению инновационных технологий, что, в свою очередь, влияет на качество и конкурентоспособность продукции.

7. Производительность труда и относительная дешевизна рабочей силы: высокая производительность труда позволяет предприятиям производить больше товаров с меньшими затратами, в то время как доступные трудовые ресурсы могут снизить конечную стоимость продукции, делая ее более привлекательной для зарубежных покупателей [3].

На современном этапе можно наблюдать прямую пропорциональную зависимость между уровнем развитости экспортного потенциала и общей эффективностью функционирования хозяйственного комплекса. Эта взаимосвязь проявляется в том, что чем сильнее экспортный потенциал государства, тем выше уровень развития внутренней экономики.

Структура экспортного потенциала может быть представлена в виде трех ключевых стадий, каждая из которых играет важную роль в процессе формирования и развития экспортной деятельности.

1. Формирование: на этом этапе происходит создание основ экспортного потенциала. Важным аспектом формирования является выявление и оценка ресурсов, необходимых для дальнейшего производства товаров и услуг на экспорт.

2. Развитие: эта стадия включает в себя процессы, направленные на обновление и модернизацию существующих производственных мощностей. Ключевым аспектом на этом этапе является внедрение инновационных технологий и новых методов управления, что не только увеличивает объемы производства, но и существенно улучшает качество экспортируемой продукции.

3. Управление: уровень управления экспортным потенциалом имеет ключевое значение для обеспечения эффективной реализации стратегий, связанных с экспортной деятельностью. Этот этап охватывает формирование и реализацию комплексных стратегий, направленных на оптимизацию процессов выхода на зарубежные рынки, включая:

– планирование экспортного потенциала: на данном этапе важно определить стратегические цели, оперативные задачи и необходимые ресурсы, которые будут задействованы для эффективного развития экспортной деятельности;

– организация экспорта продукции: в этой стадии создается структура и механизмы для осуществления экспортных операций. Это включает в себя вопросы логистики, обеспечения финансовой поддержки на этапе выхода на рынок, а также разработку маркетинговых стратегий, направленных на продвижение товаров за границей;

– координация экспорта продукции: этот этап охватывает обеспечение взаимодействия между различными участниками экспортной деятельности - производителями, посредниками и государственными органами;

– мониторинг экспортной деятельности: на этом этапе осуществляется оценка эффективности экспортных операций. Мониторинг включает в себя сбор и анализ данных о результатах экспортной деятельности, что позволяет выявить успешные практики, а также области, требующие улучшения [1].

Важно отметить, что формирование, развитие и управление экспортным потенциалом зависят от различных факторов, которые можно разделить на внешние и внутренние.

Внешние факторы – это факторы, находящиеся вне контроля конкретных предприятий и связанных с ними субъектов. К ним относятся такие элементы, как глобальные экономические условия, состояние международной торговли, внешнеэкономические политики других стран, изменения в спросе на продукцию на международных рынках, а также различные политические и юридические риски.

Внутренние факторы – это факторы, которые предприятия способны контролировать и на которые могут влиять. Внутренние факторы включают производственные возможности, инновационный потенциал, уровень подготовки кадров, квалификацию менеджмента, финансовые ресурсы и организационные структуры [1].

Таким образом, экспортный потенциал представляет собой важный элемент экономической системы страны и играет ключевую роль в обеспечении сбалансированного и устойчивого экономического роста всех субъектов хозяйствования.

## **2 Экспортный потенциал ОАО «Гомсельмаш»**

В условиях неопределенности и динамичности внешней среды организации вынуждены постоянно анализировать угрозы и возможности развития, прогнозировать рыночную ситуацию, выбирать и корректировать цели деятельности и способы их реализации. Гибкость в управлении, способность быстро перестраиваться, не упускать новые возможности, открываемые рынком и нововведениями, умение видеть перспективы развития – все это в настоящее время становится главным условием укрепления конкурентоспособности организации. Ориентация на потребительский спрос, проведение маневренной научно-технической инновационной политики – основные принципы управления развитием организаций [2].

С учетом изменения внешних факторов разрабатывается новая стратегия продаж на основе диверсификации рынков, которая должна найти отражение в стратегии развития ОАО «Гомсельмаш» до 2030 года.

Основными направлениями новой стратегии продаж ОАО «Гомсельмаш» являются:

наращивание продаж по следующим направлениям:

на рынки стран СНГ (Казахстан, Кыргызстан, Узбекистан, Таджикистан);

в африканский регион (Зимбабве, Того);  
в страны Латинской Америки (Аргентина);  
освоение новых рынков (перспективы поставок в страны «дальней дуги», а именно в Иран, Монголию, Нигерию, Гану);  
создание новых совместных производств в РФ;  
реализация программы по наращиванию поставок запасных частей, как через собственную товаропроводящую сеть, так и посредством внедрения объединенной автоматизированной системы обеспечения запасными частями ОАО «Гомсельмаш» по всему миру (позволит осуществлять в режиме реального времени управление запасами запасных частей на складах всех действующих дилеров).

Также стоит обратить внимание на проблемы в финансовой части. В РФ оказывается колоссальная государственная поддержка отрасли сельхозмашиностроения. В частности, отечественным производителям сельскохозяйственной техники предоставляются субсидии, которые направляются на возмещение стоимости приобретаемой техники в размере 10 %, 15 % в зависимости от региона, при условии соответствия производителей требованиям Постановления Правительства РФ от 27.12.2012 № 1432 «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники». При покупке сельхозтехники, соответствующей требованиям Постановления Правительства РФ от 17.07.2015 года № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации», производителям сельхозпродукции в регионах оказывается поддержка в виде льготных кредитов, а также льготного лизинга.

Действующие на территории РФ меры господдержки ограничивают производителей сельскохозяйственной продукции в выборе поставщиков сельскохозяйственной техники. В таких условиях конкурировать с российскими производителями на равных условиях белорусские производители сельскохозяйственной техники не имеют возможности.

С октября 2024 года Центральный Банк РФ повысил ключевую (базовую) процентную ставку, которая составила 21 %. На 1 октября 2025 г. процентная ставка составляет 17 %. Пропорционально росту процентной ставки наблюдается рост стоимости кредитных ресурсов для аграриев страны, а соответственно и потеря их привлекательности. Все это ведет к падению рентабельности сельскохозяйственных организаций и снижению их покупательской способности.

Указом Президента Республики Беларусь от 24 сентября 2009 г. №466 «О некоторых мерах по реализации товаров, произведенных в Республике Беларусь» закреплены величины компенсации со стороны государства в размере 3/4 ключевой ставки ЦБ РФ по лизинговым операциям и 2/3 ключевой ставки ЦБ РФ по кредитованию на приобретение белорусской сельскохозяйственной техники в РФ. Однако с учетом такого

стремительного роста ключевой ставки данная мера теряет свою былую эффективность, существенно снижая покупательскую способность аграриев. В этом случае решением проблемы может стать увеличение государственной поддержки со стороны Республики Беларусь до 100% компенсации ключевой ставки ЦБ РФ на операции лизинга и кредитования при покупке белорусской сельскохозяйственной техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авдокушин, Е.Ф. Международные экономические отношения : учеб. пособие / Е.Ф. Авдокушин. – М. : Маркетинг, 2015. – 267 с.
2. Баскакова, О. В. Экономика предприятия (организации) : учебник / О.В. Баскакова, Л.Ф. Сейко. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. – 372 с.
3. Дегтярева, О.И. Внешнеэкономическая деятельность: учебное пособие / О. И. Дегтярева, Т. Н. Полянова, С. В. Саркисов. – 3-е изд. – М. : Дело, 2014. – 315 с.

УДК 631.35

## АКТИВАТОР ОБМОЛОТА НОВОГО ОБРАЗЦА

Ж.С. Садыков, Б.К. Кокебаев, А.А. Родин,  
Е.Д. Макашева, С.А. Болотников, А.И. Ондасын  
НАО «Казахский Национальный Аграрный Исследовательский  
университет», ТОО «Активатор обмолота»,  
г. Алматы, Республика Казахстан

### 1. Введение

Рынок зерноуборочной техники на глобальном уровне демонстрирует устойчивый рост благодаря росту механизации и необходимости повышения эффективности сельского хозяйства. По оценкам, мировой рынок комбайнов в 2023 г. достиг около \$47,6 млрд с перспективой роста ~4,7% в год.

Основными драйверами спроса являются технологические улучшения и растущая потребность в продуктах питания. Однако спрос на конкретные технологии повышения эффективности обмолота может существенно различаться по регионам. Рассмотрим четыре ключевых макрорегиона: СНГ, Азия, Европа и США, их особенности и потребности в подобном продукте.

### 2.1. Предпосылки и средства решения проблемы

Методы исследований: лабораторно-полевые; информационно-аналитические.

СНГ включает крупные аграрные страны с высоким производством зерна, такие как Россия, Казахстан, Украина, Беларусь и др. В этих странах парк зерноуборочных комбайнов велик, но значительная его часть – морально и физически устаревшая техника. Только в России насчитывается порядка 127 тыс. зерноуборочных комбайнов (на 2024 г.), и при этом ощущается дефицит примерно 34–37 тыс. единиц для полного удовлетворения потребностей аграриев. Многие хозяйства эксплуатируют комбайны старых моделей, у которых уровень потерь зерна при обмолоте сравнительно высок. Согласно нормативам в Беларуси, например, суммарные потери зерна за молотилкой не должны превышать 1,5%, однако на практике потери зачастую больше, особенно на изношенной технике. Актуальность активатора обмолота в СНГ очень высокая. Его установка на имеющиеся комбайны способна сократить потери зерна и увеличить пропускную способность без закупки нового комбайна. Исследования, проведенные в Беларуси, подтверждают эффективность такого подхода: разработаны пружинно-пальцевые активаторы соломотряса, которые являются одним из самых действенных способов уменьшить потери зерна

на заключительной стадии сепарации. Экономические расчеты и испытания на серийном комбайне КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12» (ОАО «Гомсельмаш») показали целесообразность применения подобных активаторов. Это свидетельствует о том, что производители сельхозтехники в регионе уже заинтересованы во внедрении подобных технологий. Кроме того, в странах СНГ наблюдается растущий интерес к модернизации парка техники. Несмотря на снижение доходов аграриев в последние годы, продажи новых комбайнов в РФ выросли на 8,9 % в 2023 году (до ~5,96 тыс. шт.) за счёт необходимости обновления техники. Доминирующее положение на рынке занимает российский производитель «Ростсельмаш», однако также активно растёт импорт комбайнов, в особенности поставки из Беларуси (комбайны «Гомсельмаш») и КНР. Это говорит о готовности рынка СНГ воспринимать новые технические решения, тем более если они сочетают эффективность с более доступной ценой. Таким образом, спрос в регионе СНГ на активаторы обмолота оценивается как высокий – особенно в России и Казахстане, где большие площади уборки и остро стоит задача снижения потерь. Ключевыми факторами спроса здесь являются стремление повысить урожайность без увеличения посевных площадей, а также государственная поддержка технологий, повышающих продовольственную безопасность.

## 2.2. Решение поставленной задачи

Активатор обмолота зерна с повышенной эффективностью на 20% – это инновационное устройство, предназначенное для установки на зерноуборочные комбайны с целью улучшения процесса обмолота и сепарации зерна (рис. 1. Активаторы обмолота для разной урожайной массы). Активатор обмолота повышает эффективность выделения зерна из соломистого вороха примерно на 20 %, что ведет к снижению потерь урожая и увеличению производительности уборки. Применение активатора позволяет также частично снизить нагрузку на основные узлы комбайна и экономить топливо за счет более эффективного процесса обмолота (по оценкам – экономия ГСМ до 15 % при уборке). В результате фермеры и агрохозяйства могут получить больший выход зерна без необходимости приобретения дополнительной комбайновой техники. Ниже представлен комплексный анализ рынка для данного продукта, включающий оценку рыночного спроса по ключевым регионам, обзор конкурентов, определение целевой аудитории, каналы сбыта и стратегию выхода на рынки.

Маркетинговый анализ показал, что активатор обмолота зерна с увеличением эффективности на 20 % имеет существенный рыночный потенциал в разных регионах мира, особенно в странах с большой потребностью в повышении урожайности и ограниченными возможностями для покупки новых комбайнов. При правильной стратегии вывода на рынок – через демонстрацию преимуществ, локальные партнёрства и поэтапное масштабирование – данный продукт способен занять свою нишу и внести

вклад в решение проблемы потерь зерна при уборке. Главными факторами успеха станут доказанная эффективность в полевых условиях, экономическая выгода для клиентов и выстраивание доверия через сотрудничество с отраслевым сообществом. Такой подход позволит активатору обмолота успешно закрепиться на рынке и стать востребованным инструментом для аграриев в разных частях света.

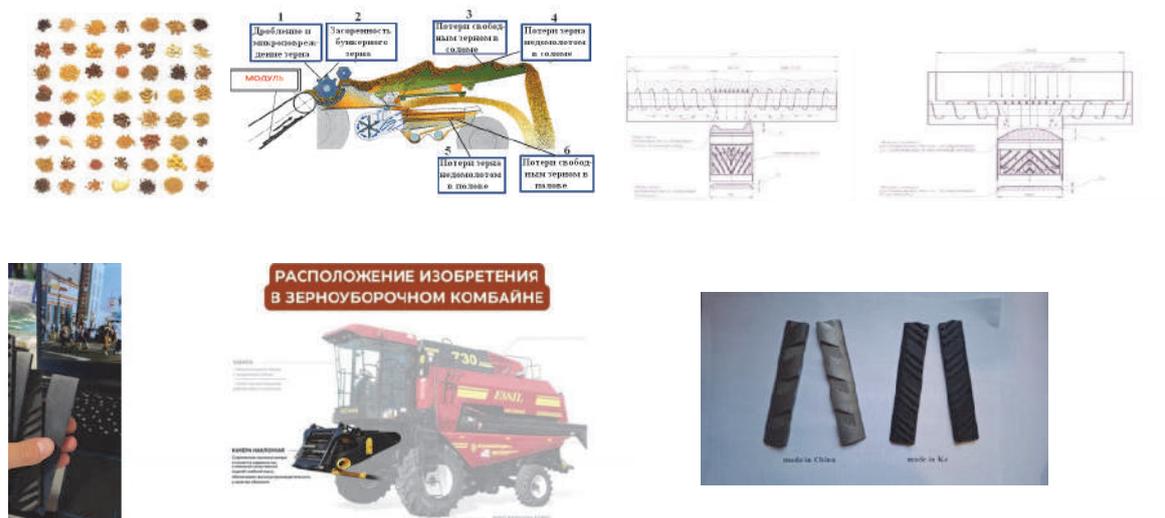


Рис. 1 – Активаторы обмолота для разной урожайной массы  
Примечание – составлено авторами на основе источника [1-4]

### 2.3 Результаты и обсуждение

В сезон уборки урожая 2025 года нами проведены полевые испытания активаторов обмолота нового образца для разной урожайной массы (низкоурожайной - пшеницы; высокоурожайного - риса) при этом установлено, что он обеспечивает разгрузку молотильного аппарата, и предположительно, преобразование слоя скошенной зерновой массы в равномерный поток до молотилки - забиваний МСУ не обеспечено, а также дообмолотное выделение наиболее биологически ценного зерна, которое «теряется» при обмолоте комбайном без активатора обмолота. Все это обеспечивает ожидаемый экономический эффект на уборке пшеницы и риса (рис. 2. Апробация активатора обмолота на низкоурожайной массе; рис. 3. Апробация активатора обмолота на высокоурожайной массе). Технология обеспечивает эффективное смещение, разравнивание зерновой массы и исключение за счет этого количественных и качественных потерь зерна.

Несоответствий конструкции испытуемого образца активатора обмолота требованиям ССБТ не установлено, эксплуатация его безопасно. Необходимо продолжить испытания нового образца активаторов обмолота в 2026 году по зонам и на преобладающих культурах, выращиваемых в Казахстане.



Рис. 2 – Апробация активатора обмолота на низкоурожайной массе (уборка пшеницы в Илийском районе Алматинской обл.)  
Примечание – составлено авторами на основе источника [1-4]



Рис. 3 – Апробация активатора обмолота на высокоурожайной массе (уборка риса в Каратальском районе области Жетісу)  
Примечание – составлено авторами на основе источника [1-4]

Преимущества использования инновационного активатора обмолота [1-4]:

- обеспечивает наименьшие потери продуктивной части выращенного урожая;
- удобен в эксплуатации; обеспечивает сменяемость активных элементов; снижает металлоемкость, улучшает и ускоряет ремонт техники;
- простота конструкции, универсальность (зерновые, масличные и кормовые культуры); низкие затраты, благодаря моделированию модуль-распределителя биомасс и последующей 3D печати;
- моделирования с распечаткой набора устройств-модулей, упакованных в кейс для его производства и продажи, используются для

обучения в учебных заведениях, для упрочения взаимосвязи науки, инженерного образования и бизнеса;

– снизить опасность технологической зависимости отечественной промышленности от зарубежных разработок;

– улучшение работы уборочной техники;

– есть возможность дальнейшего улучшения производительности;

–соответствие международным стандартам качества;

– может быть использовано для различных агроклиматических зон и полей разной урожайности;

– совместимость с любым зерноуборочным комбайном пропускной способностью от 3-х до 15 кг/с и жатками с шириной захвата до 8 метров и выше;

– за счет ее применения можно добиться уменьшения слоя биомассы в барабане, увеличения пропускной способности и снижения энергопотребления комбайна.

## 2.4 Заключение

Подтверждены результаты ранее проведенных исследований по активатором обмолота первого образца. По результатам полевых испытаний активаторов обмолота нового образца для разной урожайной массы (низкоурожайной - пшеницы и высокоурожайного - риса) установлено, что он обеспечивает разгрузку молотильного аппарата, и предположительно, преобразование слоя скошенной зерновой массы в равномерный поток до молотилки - забиваний МСУ не обеспечено, а также дообмолотное выделение наиболее биологически ценного зерна, которое «теряется» при обмолоте комбайном без активатора обмолота. Все это обеспечивает ожидаемый экономический эффект на уборке пшеницы и риса.

Несоответствий конструкции испытуемого образца активатора обмолота требованиям ССБТ не установлено, эксплуатация его безопасно.

Необходимо продолжить испытания нового образца активаторов обмолота в 2026 году по зонам и на преобладающих культурах, выращиваемых в Казахстане.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Садыков Ж.С. и др. Инновационные методы сбора биологически ценного зерна //Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: Сб. докл. межд. науч. – практ. конф.- Гомель: НТЦК ОАО «Гомсельмаш» РБ, 2023. ISBN 978-985-6477-56-3.

2. Садыков Ж.С. и др. Евразийский патент № 044624. Способ обработки скошенной зерновой массы в уборочной машине и устройство для его осуществления.