

Корниенко В.Д., Наркевич М.Ю., Логунова О.С., Козлова А.Е., Зайцев И.П.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

## МЕТОДИКА СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Целью исследования является повышение достоверности информации о состоянии территорий, зданий и сооружений на опасных производственных объектах металлургического предприятия, получаемой с использованием беспилотного воздушного судна. Объектом исследования является система производственного контроля за состоянием территории, зданий и сооружений на опасных производственных объектах металлургического предприятия. Предмет исследования – методика автоматизированного сбора и обработки информации, основанная на компьютерных методах обработки информации. Исследование проводится в рамках научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы на одном из ведущих предприятий черной металлургии РФ. В исследовании использованы следующие методы: анализа и синтеза для адекватного разложения объекта исследования на составные части – элементы, установление связей между ними и предметом исследования; декомпозиции для выделения из объекта и предмета исследований составляющих подзадач, для создания цепочек последовательности действий на выделенных подзадачах; эксперимента для изучения особенностей натуральных условий сбора информации. Результатом исследования являются разработанные методики: сбора информации о техническом состоянии территории, зданий и сооружений на опасных производственных объектах металлургического предприятия; обработки визуальной информации о техническом состоянии территории, зданий и сооружений на опасных производственных объектах металлургического предприятия. Результаты исследования являются основой для создания автоматизированной системы контроля состояния территории, зданий и сооружений на опасных производственных объектах металлургического предприятия, применение которой позволит обеспечить в режиме реального времени и на постоянной основе: поступление в систему управления промышленной безопасности сведений о текущих параметрах безопасной эксплуатации объекта контроля; сигнализирование персонала о малейших количественных изменениях ранее выявленных дефектов и повреждений, а также появлении новых; оперативное, а следовательно, эффективное адресное реагирование служб предприятия на сигналы системы мониторинга.

**Ключевые слова:** система интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений, машинное зрение, дистанционный контроль, промышленная безопасность, опасные производственные объекты, территория, здания и сооружения, обследование технического состояния, прикладная цифровая платформа, экспертная система, методы обработки изображений, беспилотное воздушное судно.

### ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей особенностью технологических процессов на металлургических предприятиях полного цикла с точки зрения безопасности является эксплуатация опасных производственных объектов (ОПО), обладающих практически всеми признаками опасности согласно [1] (рис. 1). Официальная статистика декларирует, что около 35% всех аварий за последние 15 лет произошли на ОПО, функционирующих на металлургических предприятиях полного цикла [2]. При этом та же статистика свидетельствует о наиболее значительных последствиях аварий, которые сопровождались обрушениями зданий и сооружений (ЗиС) или их частей. Также причинами аварийных ситуаций на ОПО являются дорожно-транспортные происшествия, вызванные повреждениями дорожного полотна или оставленным мусором на обочинах дорог [3].

Существующая система контроля за технически исправным состоянием ЗиС на ОПО промышленных предприятий РФ предусматривает эпизодические (в среднем 1 раз в 4-5 лет) обследования независимыми специалистами, при этом применяются методики, при которых 9 из 10 дефектов (повреждений) в элементах и узлах строительных конструкций определяются визуально специалистами-обследователями, а графическая

информация (фотоизображения) используется только для подтверждения факта и места наличия дефекта (повреждения) в ЗиС на ОПО [4, 5].

Учитывая агрессивный характер эксплуатационной среды металлургического производства по отношению к строительным конструкциям ЗиС и, как следствие, их повышенный износ, а также низкое качество, а в некоторых случаях формальное проведение ежегодных осенне-весенних осмотров ЗиС [6], сформулирована *проблема* о том, что существующая методика контроля за технически исправным состоянием ЗиС на ОПО не отвечает в полной мере современным задачам надёжного и эффективного производства в ключевых отраслях экономики.

### АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из способов решения обозначенной проблемы Правительство РФ видит в использовании цифровых технологий при плавном переходе на систему дистанционного контроля (СДК) состояния ОПО [7, 8]. Так в рамках эксперимента по внедрению СДК на российских предприятиях 23 октября 2019 г. в ходе посещения председателем Правительства РФ компании ПАО «СИБУР Холдинг» продемонстрированы разработки в области СДК ОПО [9].



Рис. 1. Схема классификации ОПО по доминирующему признаку опасности (Красным цветом выделены признаки опасности, присутствующие на ОПО металлургического предприятия полного цикла)

Обозначено, что с 2015 г. на площадке ЗАО «Российская корпорация средств связи» реализуется пилотный проект Ситуационно-аналитического центра (САЦ), предназначенного для формирования глобальной картины состояния промышленной безопасности на ОПО. С 2016 г. к центру подключены предприятия ПАО «Газпром», ПАО «Сибур Холдинг», АО «СУЭК», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Лукойл» [10].

Согласно обозначенным срокам, эксперимент по внедрению СДК должен завершиться в ближайшее время, однако по заявлению от 31.05.2022 г. зампреда Комитета РСПП по промышленной безопасности Олега Николаенко: «Он (эксперимент) никакой, не успешный, если мы не увидели результата. На элементарный вопрос о цели системы нет ответа» [11]. Кроме того, факт применения СДК лишь в системах контроля за отклонениями технологических параметров производственных процессов не решает проблему контроля за состоянием ЗиС и территорий на ОПО.

Опыт внедрения системы дистанционного контроля объектов зарубежных коллег представлен в [12-16].

Результаты исследований в области сбора (в том числе с помощью беспилотных воздушных средств) и обработки визуальной информации о состоянии объекта контроля описаны в [17-32].

#### Цели и задачи

Целью исследования является повышение достоверности информации о состоянии территории, ЗиС на ОПО металлургического предприятия, получаемой с использованием беспилотного воздушного судна.

Достижение поставленной цели обусловлено решением следующих задач:

- анализ существующей системы производственного контроля состояния территории, ЗиС на ОПО;
- критический анализ теоретических и практических разработок в системах автоматизированного контроля состояния территории, ЗиС на ОПО;

– анализ способов получения и обработки графической информации для систем интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений;

– разработка методики автоматизированного сбора и обработки информации для контроля состояния территории, ЗиС на ОПО.

В рамках исследования рассмотрено решение задачи по разработке методики автоматизированного сбора и обработки информации для контроля состояния территории, ЗиС на ОПО. Основой для решения данной задачи являются результаты предыдущих исследований научного коллектива авторов [33-38].

#### МЕТОДИКА СБОРА ИНФОРМАЦИИ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ТЕРРИТОРИИ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОПО

Введение новых инструментов прикладной цифровой платформы (ПЦП) [33] в существующую систему контроля состояния территории, ЗиС на ОПО потребовало изменения бизнес-процессов и методик контроля.

На рис. 2, 3 приведены диаграмма декомпозиции А0 и А1 соответственно для системы производственного контроля и прогнозирования изменения технического состояния территории, ЗиС на ОПО. Диаграмма А0 построена с точки зрения менеджера обновленной системы и администратора управления ролями в системе с использованием ПЦП.

Требования федерального законодательства определяются следующими документами:

- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;
- Федеральный закон «Градостроительный кодекс Российской Федерации»;
- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности;
- приказы Ростехнадзора.



Рис. 2. Диаграмма декомпозиции А0 для системы производственного контроля и прогнозирования изменения технического состояния территории, ЗиС на ОПО: УОТ и ПБ – управление охраной труда и промышленной безопасности, ПСП – производственные структурные подразделения

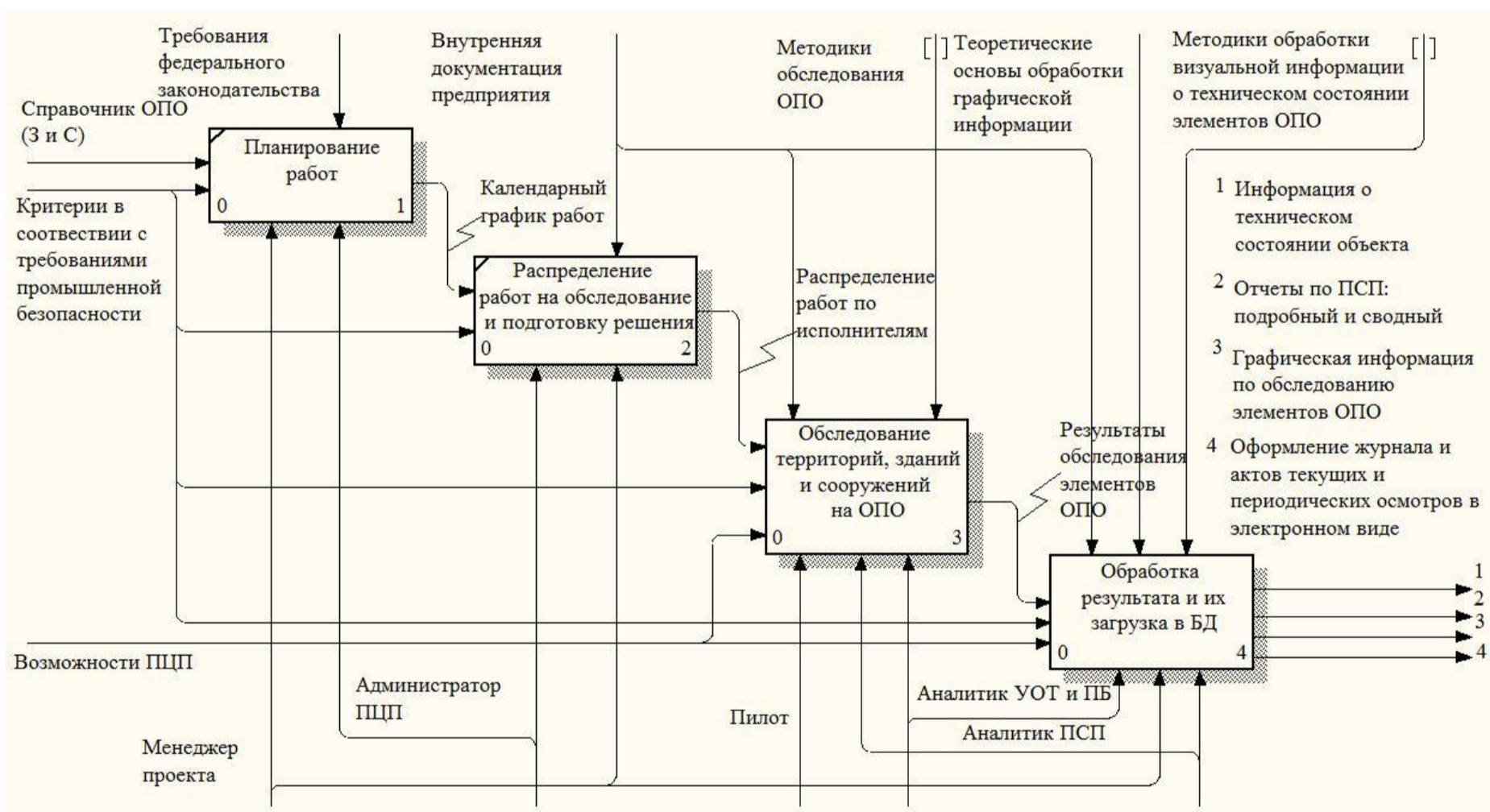


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции А1 для системы производственного контроля и прогнозирования изменения технического состояния элементов ОПО

В состав внутренней документации предприятия входят:

- Положение о производственном контроле за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации ОПО;
- Положение о системе управления промышленной безопасностью;
- проектная документация, руководства по эксплуатации оборудования, технологические инструкции и регламенты;
- обоснования безопасности ОПО;

- заключения экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ);
- декларации промышленной безопасности ОПО;
- План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий в ОПО.

Указанные документы регламентируют функционирование процессов в системе контроля и прогнозирования изменения технического состояния элементов ОПО.

В обновленной системе производственного контроля и прогнозирования изменения технического состояния элементов ОПО без изменения остаются про-

цессы планирования (А1) и распределения (А2) работ по обследованию территорий и ЗиС (см. **рис. 3**). Введение новых технических средств для сбора информации в виде беспилотных воздушных средств (БВС) потребовало корректировки в распределении работ и введение новой методики на обследование, методики на обработку полученной визуальной информации с использованием программных средств.

Теоретические основы обработки графической информации предназначены для создания научно обоснованного фундамента выбора алгоритмов при обработке информации. Классификация изображений показала разделение видеопотоков на группы, которые определили основные алгоритмы траекторий: фильтрация, улучшение, сегментация, распознавание. Теоретическая основа этих алгоритмов подробно представлена в [39, 40] и примеры их использования в промышленном производстве в [41, 42].

В основном бизнес-процессе контроля и прогнозирования изменения технического состояния территории, ЗиС на ОПО выделены четыре основных этапа (см. **рис. 3**):

1) планирование работ, включающее построение календарного графика для текущего и планового обследований технического состояния территорий, ЗиС на основании требований федерального законодательства;

2) распределение работ на обследование и подготовку решения, включающее план обследования выбранных объектов согласно плану с детализацией решаемых задач и назначением исполнителя;

3) обследование территорий, ЗиС на ОПО, включающее непосредственное исполнение обследования объекта согласно заданию в указанный период времени с поправками на погодные условия и использования БВС;

4) обработка результата, в которой предусматривается подготовка изображения к обработке, непосред-

ственно обработка информации и подготовка сводных отчетов после подведения итогов и группировки.

Для каждого блока бизнес-процесса назначены исполнители в лице:

1) менеджера проекта, в функции которого входит соблюдение требований промышленной безопасности для ЗиС при планировании и назначении работ, ознакомление с итогами обследования и результатами оценки технического состояния ОПО;

2) администратора ПЦП, который определяет роли исполнителей проекта в условиях ПЦП;

3) пилоты, которые выполняют непосредственное выполнение работ по обследованию ОПО, размещению собранной с помощью БВС информации на ПЦП, подготовку информации для обработки на ПЦП, непосредственно обработку собранной информации на ПЦП и размещение полученных результатов в базу данных;

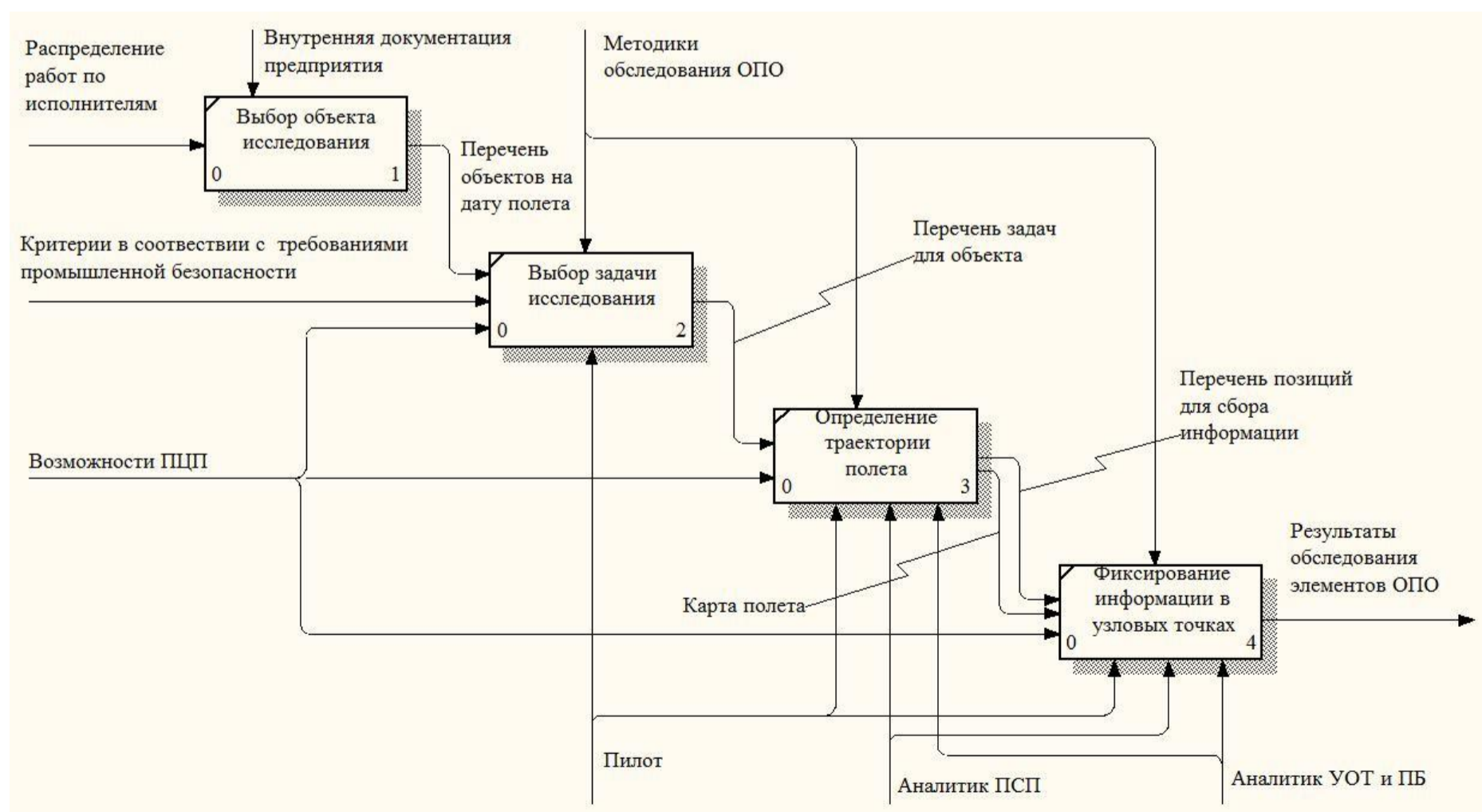
4) аналитики ПСП, управления охраны труда и промышленной безопасности (УОТиПБ), выполняющие функции по отбору качественных изображений для обработки, выделению фрагментов изображений для обработки, установлению порогов яркости, наполнению шаблонов для поиска, наполнению обучающих выборок.

Появление новых аппаратных и программных инструментов для сбора и обработки информации о техническом состоянии объектов потребовало разработки двух новых методик:

1) методики обследования состояния территорий и ЗиС на ОПО;

2) методики обработки визуальной информации о техническом состоянии территорий и ЗиС на ОПО.

На **рис. 4** приведена диаграмма декомпозиции процесса сбора информации в ходе полета БВС при обследовании технического состояния объекта с учетом возможностей БВС и ПЦП.



**Рис. 4.** Диаграмма декомпозиции А3 для сбора информации в ходе полета БВС при обследовании технического состояния объекта

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ  
О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ТЕРРИТОРИИ, ЗДАНИЙ  
И СООРУЖЕНИЙ НА ОПО

После обследования технического состояния территории и ЗиС на ОПО выполняется процесс обработки фото- и видеопотока для принятия решения о его соответствии или несоответствии требованиям ПБ (рис. 5). Обработка полученных материалов выполняется аналитиками ПСП или УОТиПБ. В процесс включены четыре операции:

- 1) чтение изображения из базы данных;
- 2) выбор задачи для анализа (табл. 1);
- 3) использование инструментов ПЦП [33];
- 4) загрузка результатов в базу данных и их обработка.

В табл. 1 представлены следующие технические задачи контроля:

- 1) обнаружение и оценка разрушения соединительных швов между панелями;
- 2) обнаружение и оценка площади поверхности объекта, покрытой ржавчиной;
- 3) обнаружение и оценка наклонных трещин на кирпичной кладке (количество, длина);
- 4) обнаружение и построение профиля обледенений (сосулек) на крыше объекта;
- 5) обнаружение отсутствия типовых элементов объектов;
- 6) обнаружение нарушений лакокрасочных покрытий на поверхности объекта;
- 7) обнаружение и оценка провалов на кровле объекта;
- 8) обнаружение разрушений дорожного покрытия;
- 9) обнаружение на обочине дорог и кровлях крыш посторонних объектов (мусор).

Таблица 1

Перечень задач и их уточнения для различных объектов

Номер задачи	Объект	Подзадача		
		Факт наличия	Оценка доли площади или длины	Подсчет количества разрушений
1	Здание г.к. ЛПЦ. Здание склада	+	+	-
2	Здание г.к. ЛПЦ	+	+	-
3	Дымовая труба. Здание склада	+	-	+
4	Производственное здание	+	-	-
5	Здание литейного двора доменной печи. Здание конвейера	+	-	+
6	Дымовая труба доменного цеха	+	+	-
7	Здание конвейера	+	+	+
8	Территория промплощадки – автодорога	+	-	-
9	Территория промплощадки – автодорога. Здание конвейера	+	-	-

ПЦП построена с использованием девяти программных модулей (по одному модулю на каждую задачу обследования), для каждого из которых определена траектория обработки изображения.

Построение текущей информации в виде журналов и актов обследования формируется автоматически после занесения информации в базу данных. И на основе этой информации выполняется построение подробного и сводного отчетов.

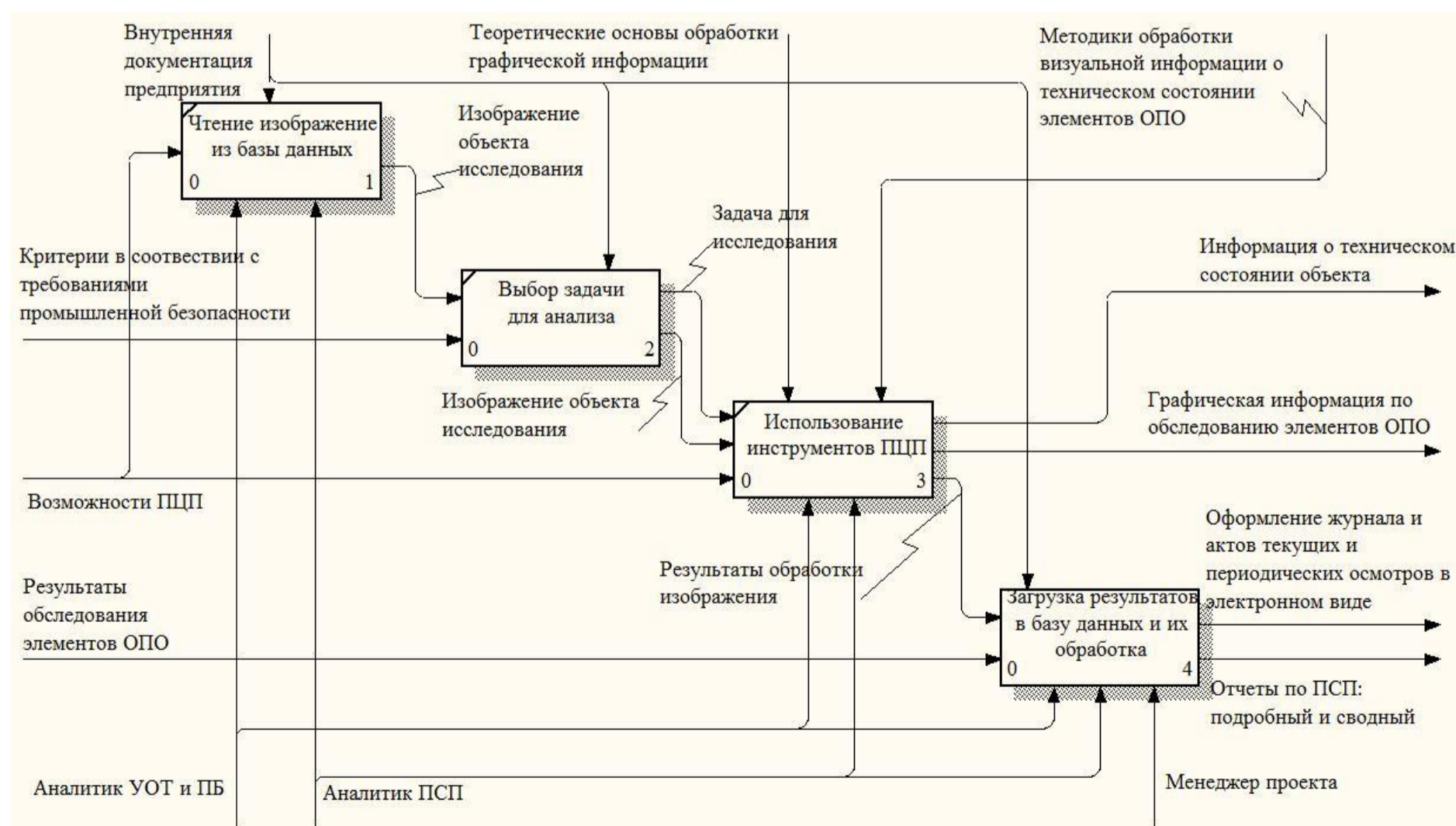


Рис. 5. Диаграмма декомпозиции А4 для процесса обработки результатов

Порядок расчета и оценки визуальных дефектов  
на поверхности объектов контроля.  
КРИТЕРИИ КОНТРОЛЯ

Согласно постановке задач, приведенной в табл. 1 и схеме классификации на рис. 6, две из них можно отнести к определению протяженности «дефектов» на поверхности исследуемого объекта:

- обнаружение разрушений соединительных швов между панелями задания, оценка количества разрушений и их общей протяженности, а также в горизонтальном и вертикальном направлении отдельно (задача 1);
- обнаружение и оценка наклонных трещин на кирпичной кладке (длина) (задача 3).

Согласно постановке задач, приведенной в табл. 1 и схеме классификации на рис. 6, три из них можно отнести к определению доли площади нарушения сплошности поверхности объекта:

- обнаружение и оценка площади поверхности объекта, покрытого ржавчиной (задача 2);
- обнаружение нарушений лакокрасочных покрытий на поверхности объекта (задача 6);
- обнаружение и оценка провалов на кровле объекта (задача 7).

Учитывая, что сбор исходных данных производился без применения измерительных инструментов, то

протяженность определяется в относительных единицах относительно длины изучаемых швов, захваченных на изображении. Введем обозначение:

- для величин протяженности разрушений (табл. 2);
- для величин по определению доли площади с нарушениями сплошности (табл. 3).

Для каждого показателя назначаются минимальный и максимальный пороги. Процесс назначения порога определяет заказчик проекта по одному из двух вариантов:

- 1) пороги устанавливаются экспертами и имеют вид неравенства

$$A_{\min} \leq P \leq A_{\max}, \quad (1)$$

где  $P$  – значение показателя;  $A_{\min}$ ,  $A_{\max}$  – соответственно минимальная и максимальная допустимые границы показателя, задаваемые экспертами;

- 2) пороги определяются в ходе адаптации программного обеспечения по стремлению показателя к заданному значению:

$$|P - A| \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $A$  – целевое значение показателя, определяемое в ходе адаптации.

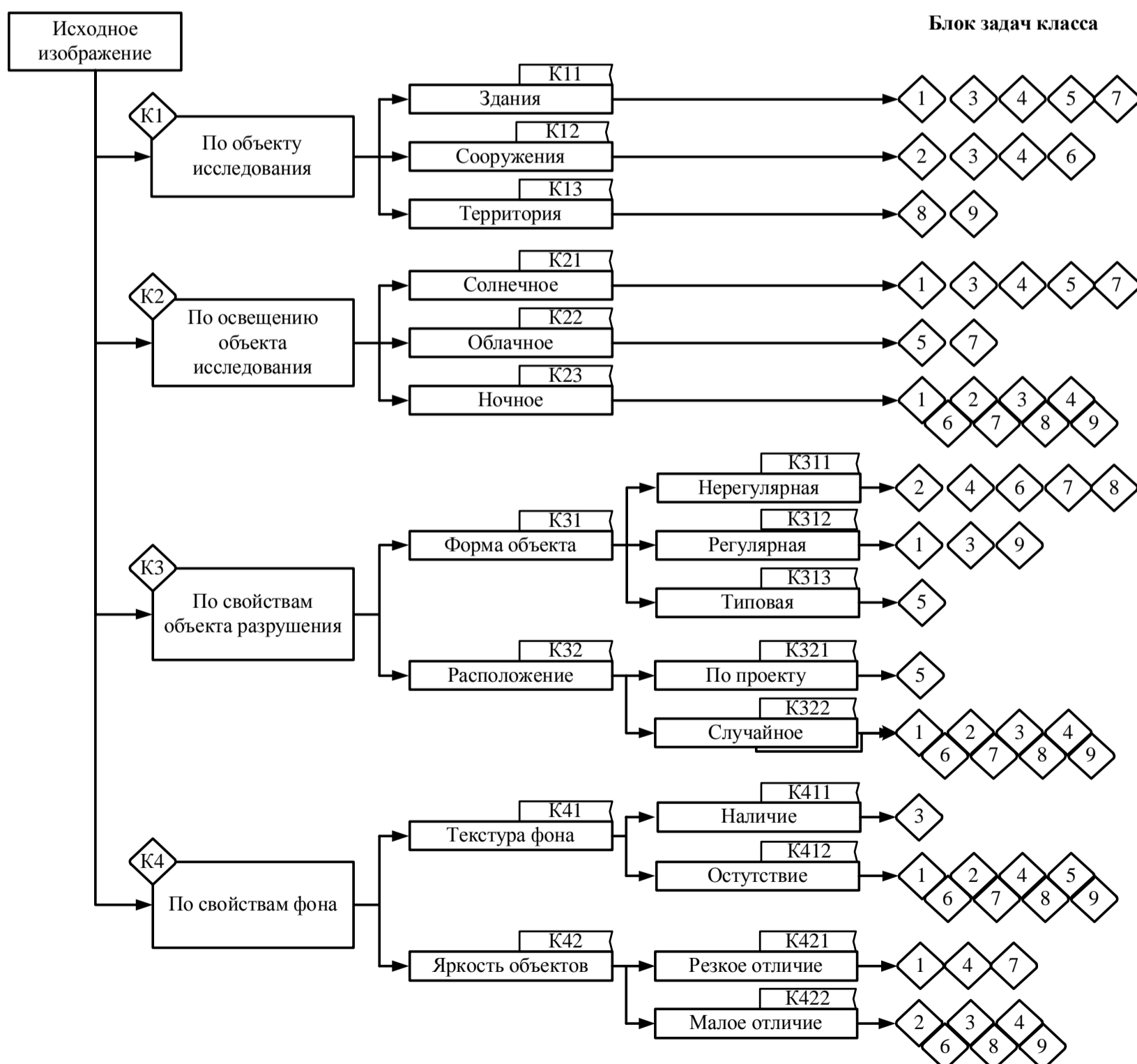


Рис. 6. Схема классификации исходных данных

Таблица 2

Перечень обозначений для величины разрушения соединительных швов между панелями здания

Название величины	Обозначение	Расчетная формула	Описание
Количество объектов, определяющих разрушение соединительного шва между панелями на всем изображении	$n$	–	Определяется по количеству объектов, имеющих максимальный размер в горизонтальном и вертикальном направлении
Количество объектов, определяющих разрушение соединительного шва между панелями по горизонтали	$n_g$	–	Определяется по количеству объектов, имеющих максимальный размер в горизонтальном направлении
Количество объектов, определяющих разрушение соединительного шва между панелями по вертикали	$n_v$	–	Определяется по количеству объектов, имеющих максимальный размер в вертикальном направлении
Протяженность объектов, определяющих разрушение соединительного шва между панелями по всем изображениям, %	$d$	$d = \frac{S_d}{S}$	$S_d = \sum_{i=1}^n l_i$ $S_d$ – суммарная максимальная протяженность выделенных объектов в горизонтальном или вертикальном направлении; $l_i$ – максимальная протяженность выделенных объектов в горизонтальном или вертикальном направлении; $i$ – номер объекта
Протяженность объектов, определяющих разрушение соединительного шва между панелями по вертикали, %	$d_v$	$d_v = \frac{S_{n_v}}{S_v}$	$S_{n_v} = \sum_{i=1}^n l_{iv}$ $S_{n_v}$ – суммарная максимальная протяженность выделенных объектов в вертикальном направлении; $l_{iv}$ – максимальная протяженность выделенных объектов в горизонтальном или вертикальном направлении; $i$ – номер объекта
Протяженность объектов, определяющих разрушение соединительного шва между панелями по горизонтали, %	$d_g$	$d_g = \frac{S_{n_g}}{S_g}$	$S_{n_g} = \sum_{i=1}^n l_{ig}$ $S_{n_g}$ – суммарная максимальная протяженность выделенных объектов в горизонтальном направлении; $l_{ig}$ – максимальная протяженность выделенных объектов в горизонтальном направлении; $i$ – номер объекта

Таблица 3

Перечень обозначений величины для решения по определению доли площади с нарушениями сплошности

Название величины	Обозначение	Расчетная формула	Описание
Количество объектов, определяющих нарушение сплошности	$n$	–	Определяется по количеству сплошных областей нерегулярной формы с яркостью в заданном диапазоне
Доля площади объекта, занимаемая разрушениями, %	$d_s$	$d_s = \frac{K_p}{K} \cdot 100 \%$	$K_p$ – количество точек изображения в диапазоне яркости провалов; $K$ – количество точек выделенной полигональной области

Отличительными признаками задачи 3 является применение этой методики после обнаружения и удаление элементов текстуры в виде швов кирпичной кладки.

К классу задач по обнаружению факта наличия

нарушения сплошности поверхности объекта относятся:  
– обнаружение разрушений дорожного покрытия (задача 8);  
– обнаружение на обочине дорог и кровлях крыш посторонних объектов (мусор) (задача 9);

– обнаружение и построение профиля обледенений (сосулек) на крыше объекта (задача 4).

Каждая из указанных задач работает с объектами нерегулярной формы со случайным местом расположения. В основу распознавания объектов закладываются алгоритмы рекурсивного построения области объекта и теории искусственных нейронных сетей.

Критерием контроля для определения факта наличия является изменение логической переменной на значении True при начальной инициализации False. Визуально найденные объекты изменяют цветовую гамму для привлечения внимания пользователя.

К классу задач по подсчету заданных объектов относятся:

– обнаружение и оценка наклонных трещин на кирпичной кладке (задача 3);

– обнаружение отсутствия типовых элементов объектов (задача 5);

– обнаружение и оценка провалов на кровле объекта (задача 7).

Для подсчета количества объектов достаточно завести переменную счетчик, значение которой увеличивается на одну единицу при обнаружении объекта:

$$K_{i+1}=K_i+1, \quad (3)$$

где  $K_i$  – количество объектов на  $i$ -м шаге, причем  $K_0=0$ ;  $K_{(i+1)}$  – количество объектов на следующем  $i+1$ -м шаге.

Критерием обнаружения объекта разрушения является неравенство

$$K_{i+1}>0. \quad (4)$$

В каждой из указанных задач для сегментации объекта разрушения используются уникальные алгоритмы:

1) задача 3 – комбинация алгоритмов фильтрации Фурье, алгоритм Хафа, алгоритмы пороговой обработки;

2) задача 5 – алгоритмы формирования шаблонов и определения наличия шаблонов на изображении;

3) задача 6 – синтез алгоритмов отделения полигональной области и порогового отделения объекта.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования:

– разработана методика сбора информации о техническом состоянии территории, ЗиС на ОПО металлургического предприятия, позволяющая получить исходный фото- и видеоматериал высокого разрешения технически значимых участков (в том числе труднодоступных) элементов ОПО, формирующий рабочую память экспертной системы;

– разработана методика обработки визуальной информации о техническом состоянии территории, ЗиС на ОПО металлургического предприятия, позволяющая на основе машинного зрения выявлять и измерять в режиме реального времени дефекты и повреждения элементов ОПО.

Основной вывод исследования заключается в том, что разработанные методики являются базой для создания автоматизированной системы контроля состояния территории, ЗиС на ОПО металлургического пред-

приятия, применение которой позволит эффективно использовать материальные и кадровые ресурсы для поддержания основных фондов предприятия в работоспособном состоянии за счёт превентивных мер и мер оперативного реагирования.

*Исследования выполняются при финансовой поддержке по договору № 247715 от 05.07.2021 г. между ПАО «ММК» и ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» «Разработка и применение методик контроля территорий, зданий и сооружений ПАО «ММК» с использованием беспилотных воздушных судов (БВС)».*

#### Список источников

1. Приказ Ростехнадзора от 30 ноября 2020 г. № 471 «Требования к регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов, формы свидетельства о регистрации опасных производственных объектов в государственном реестре опасных производственных объектов. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573140185> (дата обращения: 07.02.2022).
2. Годовые отчеты о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). URL: <http://www.gosnadzor.ru/public/> (дата обращения: 24.10.2022).
3. Веселов А.В., Корниенко В.Д. Новая перспективная конструкция дорожной одежды с монолитным ребристым цементобетонным покрытием // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2018. № 5-6(232-233). С. 38-41.
4. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2014. 55 с.
5. Наркевич М.Ю. Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 136 с.
6. Вепржицкий И.Ю., Рытик Н.А., Кустикова Ю.О. Эксплуатационный контроль зданий и сооружений // Молодёжные инновации: сборник материалов семинара молодых учёных XXII Международной научной конференции, Ташкент, 2019. М.: Нац. исс. Мос. гос. строит. ун-т, 2019. С. 210-213.
7. Система адаптивного дистанционного мониторинга и контроля эксплуатации опасных объектов на основе риск-ориентированного подхода / А.В. Панфилов, О.А. Бахтеев, В.В. Дерюшев, А.А. Короткий // Безопасность техногенных и природных систем. 2020. № 2. С. 19-29. doi: 10.23947/2541-9129-2020-2-19-29.
8. Панова Е.А., Альбрехт А.Я. Уточненные удельные электрические параметры двухцепных ЛЭП 110 кВ для дистанционного определения места повреждения // Электротехнические системы и комплексы. 2016. № 4(33). С. 35-40. doi: 10.18503/2311-8318-2016-4(33)-35-40.
9. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 2415 «О проведении эксперимента по внедрению системы дистанционного контроля промышленной безопасности». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573319188> (дат обращения 22.11.2022).
10. О внедрении систем дистанционного контроля в рамках реализации реформы контрольно-надзорной деятельности / Правительство России. URL: <http://government.ru/news/38172/>



- (дата обращения: 02.11.2022).
11. Бизнес не видит смысла в эксперименте Ростехнадзора по внедрению системы дистанционного контроля на ОПО: Рамблер. URL: [https://finance.rambler.ru/economics/48755960/?utm\\_content=finance\\_media&utm\\_medium=read\\_more&utm\\_source=copуlink](https://finance.rambler.ru/economics/48755960/?utm_content=finance_media&utm_medium=read_more&utm_source=copуlink) (дата обращения: 02.11.2022).
  12. Zaurin R., Catbas F.N. Integration of computer imaging and sensor data for 912 structural health monitoring of bridges // *Smart Mater. Struct.* 2010. Vol. 19(1). 015019. doi: 10.1088/0964-1726/19/1/015019.
  13. Duran O., Althoefer K., Seneviratne L. State of the art in sensor technologies for sewer inspection // *IEEE Sensors Journal*. 2002. Vol. 2(2). Pp. 73-81. doi: 10.1109/JSEN.2002.1000245.
  14. Guo W., Soibelman L., Garrett J.H. Automated defect detection for sewer pipeline inspection and condition assessment // *Automation in Construction*. 2009. Vol. 18(5). Pp. 87-96. doi: 10.1016/j.autcon.2008.12.003.
  15. Duran O., Althoefer K., Seneviratne L.D. Automated pipe defect detection and categorization using camera/laser-based profiler and artificial neural network // *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. 2007. Vol. 4(1). Pp. 118-126. doi: 10.1109/TASE.2006.873225.
  16. Yang M.-D., Su T.-C. Automated diagnosis of sewer pipe defects based on machine learning approaches // *Expert Systems with Applications*. 2008. Vol. 35(3). Pp. 1327-1337. doi: 10.1016/j.eswa.2007.08.013.
  17. Фаворская М.Н., Нишчхал Н. Верификация разливов нефти на водных поверхностях по аэрофотоснимкам на основе методов глубокого обучения // *Информатика и автоматизация*. 2022. № 21(5). С. 937-962. doi: 10.15622/ia.21.5.4.
  18. Белозерский Л.А., Орешкина Л.В. Автоматизация обработки и анализа гистограмм в задачах распознавания космических изображений // *Исследование Земли из космоса*. 2009. № 3. С. 47-54.
  19. UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling – Current status and future perspectives / F. Remondino, L. Barazzetti, F. Nex, M. Scaioni, D. Sarazzi // *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2011. № XXXVIII-1/C22. Pp. 25-31. doi: 10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011.
  20. Aber J.S., Marzoff I., Ries J.B. *Small-Format Aerial Photography: Principles, Techniques and Geoscience Applications*. Elsevier, 2010. 266 p.
  21. Siebert S., Teizer J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system // *Automation in Construction*. 2014. Vol. 41. Pp. 1-14. doi: 10.1016/j.autcon.2014.01.004.
  22. Tziavou O., Pytharouli S., Souter J. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based mapping in engineering geological surveys: Considerations for optimum results // *Engineering Geology*. 2018. Vol. 232(9). Pp. 12-21. doi: 10.1016/j.enggeo.2017.11.004.
  23. State-of-the-art technologies for UAV inspections / S. Jordan, J. Moore, S. Hovet, J. Box, J. Perry, K. Kirsche, D. Lewis, Z.T.H. Tse // *IET Radar, Sonar & Navigation*. 2017. Vol. 12(2). Pp. 151-164. doi: 10.1049/iet-rsn.2017.0251.
  24. Efficient trajectory planning for WSN data collection with multiple UAVs / D. Alejo, J.A. Cobano, G. Heredia, J.R. Martínez-de Dios, A. Ollero // in *Cooperative Robots and Sensor Networks 2015. Studies in Computational Intelligence*. Vol. 604. Springer, Cham., 2015. Pp. 53-75. doi: 10.1007/978-3-319-18299-5\_3.
  25. Sensor planning for a symbiotic UAV and UGV system for precision agriculture / P. Tokekar, J. Vander Hook, D. Mulla, V. Isler // *IEEE Transactions on Robotics*. 2016. Vol. 32. Pp. 1498-1511. doi: 10.1109/TRO.2016.2603528.
  26. The Flight Assembled Architecture installation: Cooperative construction with flying machines / F. Augugliaro, S. Lurpashin, M. Hamer, C. Male, M. Hehn, M.W. Mueller, J.S. Willmann, F. Gramazio, M. Kohler, R. D'Andrea // *IEEE Control Systems Magazine*. 2014. Vol. 34(4). Pp. 46-64. doi: 10.1109/MCS.2014.2320359.
  27. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2019660078. Система сбора и анализа информации о качестве продукции 8D. Управление качеством (8D.Управление качеством); заявитель ООО «АСКОН-Бизнес-решения»; заявл. 17.06.2019, опубл. 30.07.2019.
  28. Comparative assessment of text-image fusion models for medical diagnostics / A.A. Lobantsev, N.F. Gusarova, A.S. Vatian, A.A. Kapitonov, A.A. Shalyto // *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy [Information and Control Systems]*. 2020. № 5. Pp. 70-79. doi: 10.31799/1684-8853-2020-5-70-79.
  29. Development of automated computer vision methods for cell counting and endometrial gland detection for medical images processing / D.I. Sergeev, A.E. Andreev, A.O. Drobintseva, S. Cenevska, N. Kukavitsa, P.D. Drobintsev // *Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS*. 2020. Vol. 32(3). Pp. 119-130. doi: 10.15514/ISPRAS-2020-32(3)-11.
  30. Alexandrov D.V. Overview of face recognition algorithms for person identification // *Programmnyaya Ingeneria*. 2022. Vol. 13(7). Pp. 331-343. doi: 10.17587/prin.13.331-343.
  31. Козлов Д.А., Карнаухов Д.Д. Исследование процесса распознавания и сравнения отпечатков пальцев // *Вестник молодых ученых и специалистов Самарского университета*. 2018. № 2(13). С. 61-71.
  32. Посохов И.А. Визуализация и обработка информации о качестве непрерывнолитой заготовки // *Электротехнические системы и комплексы*. 2016. № 2(31). С. 35-43. doi: 10.18503/2311-8318-2016-2(31)-35-43.
  33. Прикладная цифровая платформа для оценки динамики качества опасных производственных объектов на металлургическом предприятии: структура и алгоритмы / М.Ю. Наркевич, О. С. Логунова, М.Б. Аркулис, А.И. Сагадатов, С.С. Климов, В.В. Кабанова, А.А. Николаев, Д.И. Дерябин // *Вестник Череповецкого государственного университета*. 2022. № 5(110). С. 29-48. doi: 10.23859/1994-0637-2022-5-110-3.
  34. Наркевич М.Ю., Корниенко В.Д., Полякова М.А. Визуальный контроль как основа для разработки автоматизированных систем дистанционного контроля и оценки качества зданий и сооружений на опасных производственных объектах // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2021. № 5. С. 570-576. doi: 10.24412/2071-6168-2021-5-570-576.
  35. Мониторинг состояния зданий и сооружений с помощью беспилотных летательных аппаратов: результаты пилотного эксперимента / М.Ю. Наркевич, О.С. Логунова, В.Д. Корниенко, А.А. Николаев, А.Н. Тюлюмов, Н.В. Злыдарев, Д.И. Дерябин // *Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова*, 2021. С. 33-37.
  36. Разработка и применение методик контроля территории, зданий и сооружений ПАО «ММК» с использованием беспилотных воздушных судов (БВС). Этап № 01: отчет о НИОКР (промежуточ.); рук. М.Ю. Наркевич; исполн.: О.С. Логунова [и др.]. № ГР 121092000078-4. Магнитогорск, 2021. 274 с.
  37. Разработка и применение методик контроля территории, зданий и сооружений ПАО «ММК» с использованием беспилотных воздушных судов (БВС). Этап № 02: отчет о НИОКР (промежуточ.); рук. М. Ю. Наркевич; исполн.: О.С. Логунова [и др.]. № ГР 121092000078-4. Магнитогорск, 2021. 124 с.
  38. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2021666037. Automatic detection of damage parameters

from digital images / Наркевич М.Ю., Корниенко В.Д., Николаев А.А., Злыдарев Н.В., Логунова О.С., Тюлюмов А.Н.; заявитель ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»; заявл. 30.09.2021, опублик. 06.10.2021.

39. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.  
 40. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 752 с.  
 41. Логунова О.С., Нуров Х.Х. Структура и алгоритмы про-

Поступила в редакцию 30 сентября 2022 г.

граммного обеспечения для автоматизированной оценки качества непрерывнолитого слитка // Автоматизация технологических и производственных процессов в металлургии. 2004. № 1. С. 168-174.

42. Организация автоматизированного рабочего места для оценки качества макроструктуры непрерывнолитых сортовых заготовок / О.С. Логунова, Х.Х. Нуров, В.В. Павлов, В.Г. Суспицын // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2006. № 3(15). С. 51-55.

Принята к печати 26 октября 2022 г.

## INFORMATION IN ENGLISH

### METHODOLOGY FOR COLLECTING AND PROCESSING INFORMATION TO MONITOR THE STATE OF THE TERRITORY, BUILDINGS AND STRUCTURES AT HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

Vladimir D. Kornienko

Postgraduate student, Leading engineer in the field of industrial safety expertise, The Institute of Energy and Computing Systems, the Department of Computer Science and Programming, The Research Institute "Prombezopasnost", Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, volodya.Kornienko2319@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0637-5765>

Mikhail Yu. Narkevich

Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Head of the Department, the Department of Design and Construction of Buildings, Director of the Research Institute "Prombezopasnost", Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, narkevich\_mu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6608-8293>

Oksana S. Logunova

D.Sc. (Engineering), Professor, Director of the Institute of Construction, Architecture and Art, Head of the Department of Computer Science and Programming, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, logunova66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7006-8639>

Anna E. Kozlova

Master's Degree Student, the Institute of Energy and Computing Systems, the Department of Computer Science and Programming, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, kozlova-ann99@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3109-2185>

Ivan P. Zaytsev

Master's Degree Student, Engineer, the Institute of Construction, Architecture and Art, the Department of Urban Studies and Engineering Systems, the Research Institute "Prombezopasnost", Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia, otakuvans@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6851-6017>

The purpose of the study is to increase the information reliability on the state of territories, buildings and structures at hazardous production facilities of a metallurgical enterprise, obtained using an unmanned aerial vehicle. The object of the study is the system of production control over the state of the territory, buildings and structures at hazardous production facilities of a metallurgical enterprise. The subject of the research is a technique for automated collection and processing of information based on computer methods of information processing. The study is carried out as part of research and development work at one of the leading ferrous metallurgy enterprises of the Russian Federation. The following methods were used in the study: analysis and synthesis for adequate decomposition of the study object into its constituent parts - elements, establishing links between them and the subject of study; decomposition to isolate constituent subtasks from the object and subject of research, to create chains of sequences of actions on selected subtasks; the experiment to study the features of natural conditions for collecting information. The result of the study are the developed methods: collection of information on the technical condition of the territory, buildings and structures at

hazardous production facilities of a metallurgical enterprise; processing visual information about the technical condition of the territory, buildings and structures at hazardous production facilities of a metallurgical enterprise. The results of the study are the basis for creating an automated system for monitoring the state of the territory, buildings and structures at hazardous production facilities of a metallurgical enterprise, the use of which will ensure in real time and on an ongoing basis: the receipt of information on the current parameters of the safe operation of the facility into the industrial safety management system control; signaling personnel about the slightest quantitative changes in previously identified defects and damage, as well as the appearance of new ones; operational and, consequently, effective targeted response of enterprise services to signals from the monitoring system.

**Keywords:** system of intellectual support in making managerial decisions; machine vision; remote control; Industrial Safety; hazardous production facilities; territory, buildings and structures; examination of the technical condition; applied digital

platform; expert system; image processing methods; unmanned aerial vehicle

REFERENCES

- Order of Rostekhnadzor dated November 30, 2020 no. 471. Requirements for registration of objects in the state register of hazardous production facilities and maintenance of the state register of hazardous production facilities, forms of a certificate of registration of hazardous production facilities in the state register of hazardous production facilities. Moscow, MINYUST Publ., 2020. 157 p. (In Russian)
- Federalnaya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru* [Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision]. Available at: <http://www.gosnadzor.ru/public/> (accessed 04 November 2022).
- Veselov A. V., Kornienko V.D. A new promising design of pavement with a monolithic ribbed cement concrete pavement. *Stroitelnye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Building materials, equipment, technologies of the XXI century], 2018, no. 5-6 (232-233), pp. 38-41. (In Russian)
- GOST 31937-2011. Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition. Moscow, STANDARTINFORM Publ., 2014. 55 p. (In Russian)
- Narkevich M. Yu. *Osnovy metrologii, standartizatsii, sertifikatsii i kontrolya kachestva* [Basics of metrology, standardization, certification and quality control]. Magnitogorsk, Novosov Magnitogorsk State Technical University Publ., 2012. 136 p. (In Russian)
- Veprzhitskiy I. Yu., Rytik N. A., Kustikova Yu. O. Operational control of buildings and structures. *Molodezhnye innovatsii: Sbornik materialov seminara molodykh uchenykh XXII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Collection of materials of the seminar of young scientists of the XXII International scientific conference "Youth innovations"]. Tashkent, 2019. Moscow: National Research Moscow State University of Civil Engineering Publ., 2019, pp. 210-213. (In Russian)
- Panfilov A.V., Bakhteev O.A., Deryushev V.V., Korotkiy A.A. A system of adaptive remote monitoring and control of the operation of hazardous facilities based on a risk-based approach. *Bezopasnost tekhnogennykh i prirodnykh sistem* [Safety of technogenic and natural systems], 2020, no. 2, pp. 19-29. (In Russian). doi: 10.23947/2541-9129-2020-2-19-29
- Panova E.A., Albrekht A.Ya. Refined specific electrical parameters of double-circuit power lines 110 kV for remote location of damage. *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы* [Electrotechnical systems and complexes], 2016, no. 4(33), pp. 35-40. (In Russian). doi: 10.18503/2311-8318-2016-4(33)-35-40
- Decree of the Government of the Russian Federation dated December 31, 2020 no. 2415 "On conducting an experiment to introduce an industrial safety remote control system". URL: <https://docs.cntd.ru/document/573319188> (accessed 02 November 2022).
- O vnedrenii sistem distantsionnogo kontrolya v ramkakh realizatsii reform kontrolno-nadzornoj deyatel'nosti*. [On the introduction of remote control systems as part of the implementation of the reform of control and supervisory activities]. Available at: <http://government.ru/news/38172/> (accessed 02 November 2022).
- Biznes ne vidit smysla v eksperimente Rostekhnadzora po vnedrenii sistemy distantsionnogo kontrolya na OPO*. [Business does not see the point in Rostekhnadzor's experiment on the introduction of a remote control system at the OPO]. Available at: [https://finance.rambler.ru/economics/48755960/?utm\\_content=finance\\_media&utm\\_medium=read\\_more&utm\\_source=copypaste](https://finance.rambler.ru/economics/48755960/?utm_content=finance_media&utm_medium=read_more&utm_source=copypaste) (accessed 02 November 2022).
- Zaurin R., Catbas F. N. Integration of computer imaging and sensor data for 912 structural health monitoring of bridges. *Smart Mater. Struct.* 2010, vol. 19(1). 015019. doi: 10.1088/0964-1726/19/1/015019
- Duran O., Althoefer K., Seneviratne L. State of the art in sensor technologies for sewer inspection. *IEEE Sensors Journal*. 2002, vol. 2(2), pp. 73-81. doi: 10.1109/JSEN.2002.1000245
- Guo W., Soibelman L., Garrett J.H. Automated defect detection for sewer pipeline inspection and condition assessment. *Automation in Construction*. 2009, vol. 18(5), pp. 87-96. doi: 10.1016/j.autcon.2008.12.003
- Duran O., Althoefer K., Seneviratne L.D. Automated pipe defect detection and categorization using camera/laser-based profiler and artificial neural network. *IEEE 1063 Transactions on Automation Science and Engineering*. 2007, vol. 4(1), pp. 118-126. doi: 10.1109/TASE.2006.873225
- Yang M.-D., Su T.-C. Automated diagnosis of sewer pipe defects based on machine learning approaches. *Expert Systems with Applications*. 2008, vol. 35(3), pp. 1327-1337. doi: 10.1016/j.eswa.2007.08.013
- Favorskaya M.N., Nishchikh N. Verification of oil spills on water surfaces from aerial photographs based on deep learning methods. *Informatika i avtomatizatsiya* [Computer Science and automation], 2022, vol. 21, no. 3, pp. 937-962. (In Russian). doi: 10.15622/ia.21.5.4
- Belozerskiy L.A., Oreshkina L.V. Automation of histogram processing and analysis in space image recognition tasks. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Exploration of the Earth from space], 2009, no. 3, pp. 47-54. (In Russian)
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling – Current Status and Future Perspectives. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2011. no. XXXVIII-1/C22, pp. 25–31. doi: 10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-201
- Aber J.S., Marzloff I., Ries J.B. *Small-Format Aerial Photography: Principles, Techniques and Geoscience Applications*. Elsevier, 2010. 266 p.
- Siebert S., Teizer J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in Construction*. 2014, vol. 41, pp. 1-14. doi: 10.1016/j.autcon.2014.01.004
- Tziavou O., Pytharouli S., Souter J. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based mapping in engineering geological surveys: Considerations for optimum results. *Engineering Geology*. 2018, vol. 232(9), pp. 12-21. doi: 10.1016/j.enggeo.2017.11.004
- Jordan S., Moore J., Hovet S., Box J., Perry J., Kirsche K., Lewis D., Tse Z.T.H. State-of-the-art technologies for UAV inspections. *IET Radar, Sonar & Navigation*. 2017, vol. 12(2), pp. 151-164. doi: 10.1049/iet-rsn.2017.0251
- Alejo D., Cobano J.A., Heredia G., Martínez-de Dios J.R., Ollero A. Efficient trajectory planning for WSN data collection with multiple UAVs. *Cooperative Robots and Sensor Networks 2015. Studies in Computational Intelligence*. Vol. 604. Springer, Cham., 2015, pp. 53-75. doi: 10.1007/978-3-319-18299-5\_3
- Tokekar P., Vander Hook J., Mulla D., Isler V. Sensor planning for a symbiotic UAV and UGV system for precision agriculture. *IEEE Transactions on Robotics*. 2016, vol. 32, pp. 1498-1511. doi: 10.1109/TRO.2016.2603528
- Augugliaro F., Lupashin S., Hamer M., Male C., Hehn M., Mueller M.W., Willmann J.S., Gramazio F., Kohler M., D'Andrea R. The Flight Assembled Architecture installation: Cooperative construction with flying machines, 2014, vol. 34(4), pp. 46-64. doi: 10.1109/MCS.2014.2320359
- LLS "ASKON-Biznes-resheniya". System for collecting and analyzing information on product quality 8D. Quality management (8D. Quality management). Computer program RF, no. 2019660078, 2019. (In Russian)
- Lobantsev A.A., Gusarova N.F., Vatian A.S., Kapitonov A.A., Shalyto A.A. Comparative assessment of

- text-image fusion models for medical diagnostics. *Information and Control Systems*. 2020, no. 5(108), pp. 70-79. doi: 10.31799/1684-8853-2020-5-70-79
29. Sergeev D.I., Andreev A.E., Drobintseva A.O., Cenevska S., Kukavitsa N., Drobintsev P.D. Development of automated computer vision methods for cell counting and endometrial gland detection for medical images processing. *Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS*. 2020, vol. 32(3), pp. 119-130. doi: 10.15514/ISPRAS-2020-32(3)-11
  30. Alexandrov D. V. Overview of Face Recognition Algorithms for Person Identification. *Programmnyaya Ingeneria*. 2022, vol. 13(7), pp. 331-343. doi: 10.17587/prin.13.331-343
  31. Kozlov D.A., Karnaukhov D.D. Process of recognition and comparison of fingerprints. *Vestnik molodykh uchenykh i spetsialistov Samarskogo universiteta* [Bulletin of young scientists and specialists of the Samara University], 2018, no. 2(13), pp. 61-71. (In Russian)
  32. Posokhov I.A. Visualization and processing of information about the quality of continuously cast billet. *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы* [Electrotechnical systems and complexes], 2016, no. 2(31), pp. 35-43. (In Russian). doi: 10.18503/2311-8318-2016-2(31)-35-43
  33. Narkevich M. Yu., Logunova O.S., Arkulis M.B. An applied digital platform for assessing the quality dynamics of hazardous production facilities at a metallurgical enterprise: structure and algorithms. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta*. [Bulletin of Cherepovets State University], 2022, no. 5, pp. 29-48. (In Russian). doi:10.23859/1994-0637-2022-5-110-3
  34. Narkevich M.Yu., Kornienko V.D., Polyakova M.A. Visual control as a basis for the development of automated systems for remote control and assessment of the quality of buildings and structures at hazardous production facilities. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of the Tula State University. Technical science], 2021, no. 5, pp. 570-576. (In Russian). doi: 10.24412/2071-6168-2021-5-570-576
  35. Narkevich M.Yu., Logunova O.S., Kornienko V.D., Nikolaev A.A., Tyulyumov A.N., Zlydarev N.V., Deryabin D.I. Monitoring the condition of buildings and structures using unmanned aerial vehicles: results of a pilot experiment. *Sbornik trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Programmnoye obespechenie dlya tsifrovizatsii predpriyatiy i organizatsiy»* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Software for digitalization of enterprises and organizations"]. Magnitogorsk, NMSTU Publ., 2021, pp. 33-37. (In Russian)
  36. Narkevich M.Yu., Logunova O.S., Kornienko V.D., Kalitaev A.N., Egorova L.G., Nikolaev A.A., Tyulyumov A.N., Zlydarev N.V., Deryabin D.I. *Razrabotka i primeneniye metodik kontrolya territorii, zdaniy i sooruzheniy PAO "MMK" s ispolzovaniem bespilotnykh vozdushnykh sudov (BVS)* [Development and application of methods for monitoring the territory, buildings and structures of PJSC MMK using unmanned aerial vehicles (UAVs)]. Stage No. 01: R&D report (interim). Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2021. 274 p. (In Russian)
  37. Narkevich M.Yu., Logunova O.S., Kornienko V.D., Sagadatov A.I., Kalitaev A.N., Egorova L.G., Nikolaev A.A., Tyulyumov A.N., Zlydarev N.V., Deryabin D.I., Kozlova A.E., Chernyshova A.S., Gavrilov K.V. *Razrabotka i primeneniye metodik kontrolya territorii, zdaniy i sooruzheniy PAO "MMK" s ispolzovaniem bespilotnykh vozdushnykh sudov (BVS)* [Development and application of methods for monitoring the territory, buildings and structures of PJSC MMK using unmanned aerial vehicles (UAVs)]. Stage No. 02: R & D report (interim). Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2021. 124 p. (In Russian)
  38. Narkevich M.Yu., Kornienko V.D., Nikolaev A.A., Zlydarev N.V., Logunova O.S., Tyulyumov A.N. Automatic detection of damage parameters from digital images. *Computer program RF*, no. 2021665102, 2021.
  39. Gonsales R., Vuds R. *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy* [Digital image processing], Moscow, Tekhnosfera Publ., 2005. 172 p. (In Russian).
  40. Shapiro L., Stokman Dzh. *Kompyuternoe zreniye* [Computer vision], Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2006. 752 p. (In Russian)
  41. Logunova O.S., Nurov Kh.Kh. Structure and algorithms of software for automated quality assessment of continuously cast ingots. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh i proizvodstvennykh protsessov v metallurgii* [Automation of technological and production processes in metallurgy], 2004, no. 1, pp. 168-174 (In Russian)
  42. Logunova O.S., Nurov Kh.Kh., Pavlov V.V., Suspitsyn V.G. Organization of an automated workplace for assessing the quality of the macrostructure of continuously cast varietal blanks. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov], 2006, no. 3(15), pp.51-55. (In Russian)

Методика сбора и обработки информации для контроля состояния территории, зданий и сооружений на опасных производственных объектах металлургического предприятия / В.Д. Корниенко, М.Ю. Наркевич, О.С. Логунова, А.Е. Козлова, И.П. Зайцев // *Электротехнические системы и комплексы*. 2022. № 4(57). С. 76-87. [https://doi.org/10.18503/2311-8318-2022-4\(57\)-76-87](https://doi.org/10.18503/2311-8318-2022-4(57)-76-87)

Kornienko V.D., Narkevich M.Yu., Logunova O.S., Kozlova A.E., Zaytsev I.P. Methodology for Collecting and Processing Information to Monitor the State of the Territory, Buildings And Structures at Hazardous Production Facilities of a Metallurgical Enterprise. *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы* [Electrotechnical Systems and Complexes], 2022, no. 4(57), pp. 76-87. (In Russian). [https://doi.org/10.18503/2311-8318-2022-4\(57\)-76-87](https://doi.org/10.18503/2311-8318-2022-4(57)-76-87)