**Использование группы мобильных роботов для работы в сложных климатических условиях.**

С.С. Яковлев.

ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург,

e-mail: syakovlev90@yandex.ru

Annotation**.**

Some annotation must be here.

Введение

Целью данной работы является рассмотрение задачи применения группы мобильных роботов в сложных климатических условиях на примере спасения людей с арктической нефтяной буровой платформы.

Спасение терпящих бедствие людей посредством автономных средств очень сложная цивилизационная проблема. В последнее время, в связи с увеличением добычи нефти и газа в прибрежных (шельфовых) зонах увеличивается количество аварий и, следовательно, жертв среди персонала. Опыт проведения многочисленных спасательных мероприятий показал, что применение известных средств и методов не отличается эффективностью.

Спасательные средства такие как спасательные круги и жилеты, спасательные концы обладает рядом существенных недостатков затрудняющих спасение. Например, спасательный круг или спасательный конец, должен находиться в воде, на расстоянии вытянутой руки от тонущего, а спасательный жилет должен быть заранее надет на человека. Кроме того применимость таких средств в условиях терпящей бедствие нефтяной платформы вызывает сомнение, так как тонущего необходимо вытаскивать на борт аварийной платформы.

Существует ряд современных средств эвакуации с нефтяных платформ таких как персональные комплекты эвакуации и управления спуском. Такие устройства позволяют персоналу эвакуироваться с платформы методом управляемого спуска на тросе. Применение таких средств требует определенной физической подготовки и не применимо в сложных климатических условиях, при сильном ветре эвакуирующегося может ударить о борт станции, кроме того подразумевается опасный спуск на воду, невозможный в арктических условиях и тем более в случае горящего нефтяного пятна.

В настоящее время наиболее эффективным методом транспортировки при эвакуации с платформы является вертолет. Эвакуация на вертолете считается возможной в том случае, если вертолет есть в наличии на объекте или поблизости на обеспечивающем судне, необходимо наличие оборудования, осуществляющего наблюдение за погодой, способного выдавать предупреждения о надвигающейся буре за долго до того, как ее фронт достигнет платформы. Так же важно, чтобы работники платформы были должным образом подготовлены к эвакуации на вертолете.

К более технологически сложным средствам эвакуации, рассчитанных на работу в самых экстремальных условиях, можно отнести системы эвакуации с использованием спускных желобов, дорожек или лестниц. Такая система может включать в себя: взрывоустойчивый контейнер, пожаробезопасный спусковой желоб, в состав некоторых решений входят в том числе и спасательные шлюпки. Но суровые арктические условия так же не позволяют применять их в полной мере. Шлюпки или взрывоустойчивый плавучий контейнер будут бесполезны в зонах покрытых льдом.

В настоящее время существует несколько зарубежных проектов роботов-спасателей. Немецкий Startup ProgenoX. Робот-вездеход может работать в разных ситуациях, при утечке химических веществ или больших пожарах, особенно опасных для спасателей.

****

Рисунок 2.1 - Робот-спасатель ProgenoX, робот Mantra и робот EMILY

Mantra - это концепт, разработанный Адамом Скоттом для помощи спасателям доставлять на сушу тонущих людей. Мантра имеет съемные носилки и гибкую конструкцию, благодаря чему проворно двигается в водной среде. Робот-спасатель EMILY представляет собой плавучий радиоуправляемый буй. Буй должен доставлять тонущего уцепившегося за канат на борту робота.

Из приведенных примеров видно, что на данном этапе развития человеческой цивилизации не существует достаточно надежных и эффективных средств эвакуации и спасения людей в сложных климатических условиях. Отдельные технические средства могут обеспечить спасение небольшого числа человек при должной подготовке спасаемых, часто применение-робототехнических средств эффективно только в идеальных климатических условиях: отсутствие волн, сильного ветра, метели или плавучих льдов.

Решением поставленной задачи может быть применение группы специальных спасательных мобильных роботов, обладающих рядом преимуществ: больший радиус действия, высокая вероятность выполнения задания, достигаемая за счет возможности перераспределения целей, широкий спектр выполняемых задач.

# Сложные климатические условия

Для климатических условий Арктики характерны следующие погодные особенности: низкие температуры, продолжительный период полярной ночи, сильные порывы ветра и штормы, метели, снежные и образованные движением льдов, ледяные торосы.

Такие условия предъявляют дополнительные требования к надежности систем и заставляют искать более сложные и надежные методы навигации, так как основная цель робототехнической системы спасение людей, промедление или отказ роботов, из-за невозможности производить нормальную навигацию под влиянием погодных условий абсолютно недопустим.

Подобные неблагоприятные условия усложняют задачу выбора датчиков робота так как в различных погодных условиях те или иные датчики могут давать зашумленную, искаженную информацию о среде или вообще не работать. В Таблице 1 приведена оценка возможности применения различных датчиков и их работоспособность в различных климатических условиях.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Датчик | Погодные условия | Применимость |
| Видеокамеры | Полярная ночь | - |
| Метель | - |
| Сильный ветер | + |
| Качка | + |
| Ультразвуковой дальномер | Полярная ночь | + |
| Метель | - |
| Сильный ветер | - |
| Качка | + |
| Лазерный дальномер | Полярная ночь | + |
| Метель | - |
| Сильный ветер | + |
| Качка | + |
| Глобальная система навигации | Полярная ночь | + |
| Метель | + |
| Сильный ветер | + |
| Качка | + |
| Инерциальная навигационная система | Полярная ночь | + |
| Метель | + |
| Сильный ветер | + |
| Качка | - |

Из приведенной таблицы видно, что наиболее устойчивым к помехам, связанным с погодными явлениями, является датчик глобальной системы навигации. Значит, при построении карты и навигации робот должен опираться, прежде всего, на показания этих датчиков. Кроме того данные таблицы подтверждают необходимость иметь избыточную робототехническую систему с высокой степенью взаимозаменяемости. Взаимозаменяемость роботов обеспечит большую вероятность выполнения задачи. Так, например, в случае если роботы, оборудованные точными лазерными сканирующими дальномерами станут не способны в полной мере выполнять свои функции (строить карты, выполнять разведку), то часть их задач смогут взять роботы, оборудованные ультразвуковыми дальномерами, хоть и с потерей точности, но в целом группировка останется способной выполнять поставленные задачи.

Таким образом, по своему составу группировка роботов должна быть гетерогенной.

# Группы операций и состав группировки роботов для проведения операций спасения и эвакуации

Для проведения спасательной операции роботы должны выполнять ряд операций, которые можно разделить на следующие типы/категории:

* мониторинг;
* приведение группировки в боевую готовность;
* оптимальное распределение роботов на объекте;
* определение мест, где находятся спасаемые люди;
* спасение;
* быстрый уход роботов (со спасаемыми людьми) на безопасное расстояние.

Исходя из набора операций выполняемых роботами, спасательная группировка должна включать в себя:

* роботов мониторов/разведчиков;
* роботов-рабочих;
* роботов-перегрузчиков;
* робот-информатор;
* транспортные роботы.

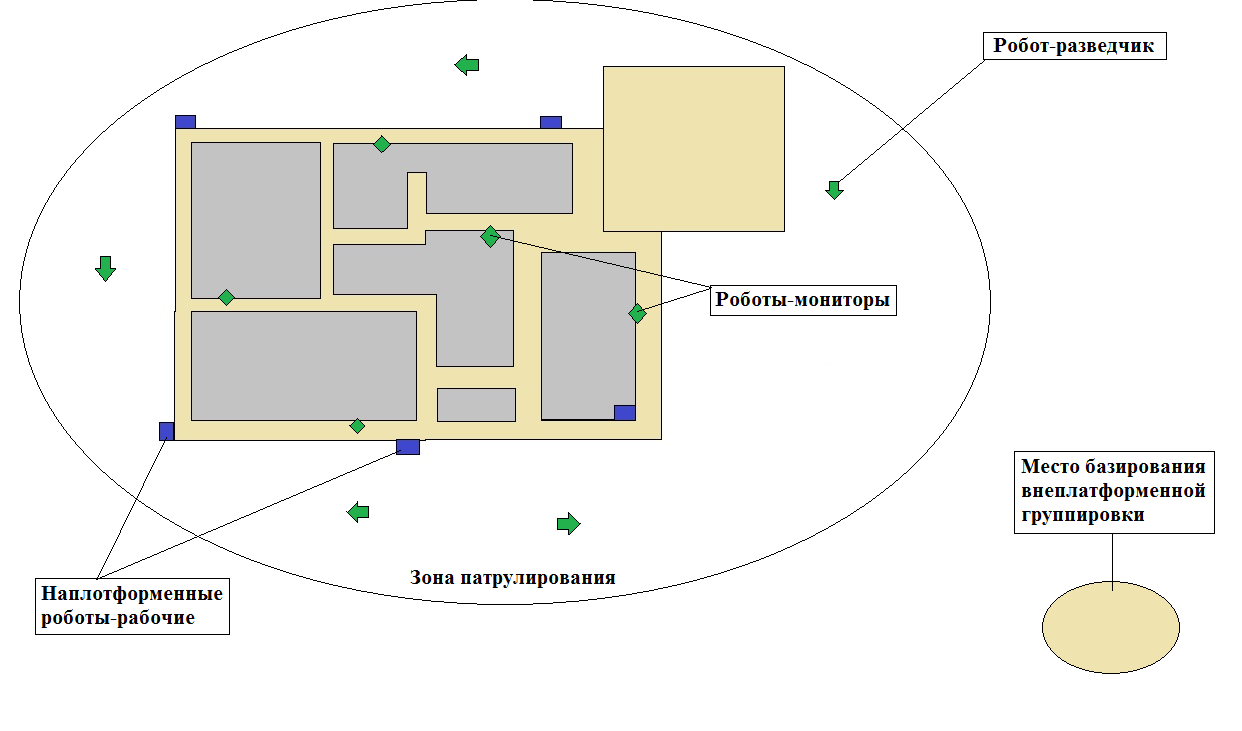
Каждый из этих типов роботов выполняет соответствующую функцию.

# Роботы разведчики

Мониторинг одна из главных задач выполняемых группировкой. Сбор наиболее полной информации о состоянии платформы, расположении людей на борту, состоянии путей и мест эвакуации, расположении других роботов и их работоспособности играют важнейшую роль для выбора правильной стратегии поведения во время операции спасения.

Роботы разведчики выполняют мониторинг на протяжении всего времени работы станции, для обеспечения информации о приближении ее к внештатной ситуации. Остальные роботы, для создания более полной картины происходящего, также производят мониторинг тех участков, на которых они находятся во время выполнения спасательной операции.

До появления сигнала на начало развертывания группировка находится в состоянии штатного мониторинга. Роботы разведчики можно разделить на несколько групп: мобильные платформы, занятые в патрулировании станции и участков вокруг нее – собственно роботы разведчики, и роботы мониторы – стационарные роботы занятые в мониторинге состояния станции со своих фиксированных мест (к мониторам можно также отнести другие информационные средства станции, датчики и камеры если они включены в информационный обмен со спасательной группировкой роботов).

Рисунок 1 – расположение группировки спасательных роботов во время штатной работы станции.

Для обеспечения более полной информации о состоянии станции может применяться группа роботов-разведчиков, осуществляющих патрулирование некоторой зоны вокруг платформы, на рисунке 1 такие роботы обозначены зелеными стрелками. Необходимо обеспечить избыточность роботов-разведчиков как наплатформенных, так и внеплатформенных для повышения надежности системы, так как для выработки правильной стратегии поведения группировки нужна, прежде всего, полнота информации о состоянии платформы. Также должна быть группа наплатформенных роботов-разведчиков для обеспечения группировки и людей полной информацией о состоянии на борту платформы, а также для выполнения функции сопровождения людей во время эвакуации.

Для ускорения процесса эвакуации людей и обеспечения их информацией о состоянии путей эвакуации должна быть предусмотрена система звукового голосового информирования, использующая информацию о состоянии группировки и морской нефтяной платформы. Такая система должна своевременно сообщать о состоянии открытых и недоступных для эвакуации участков, а также информировать спасающихся о наиболее быстрых и безопасных маршрутах эвакуации. Такой подход поможет избежать паники, сэкономить время до прибытия робота-разведчика, обеспечить спасение людей и оптимизировать их движение по маршрутам эвакуации даже в отсутствии роботов-разведчиков.

# Начало спасательной операции

Зафиксировав, что платформа находится в состоянии близком к аварии, группировке роботов поступает сигнал на развертывание. Робот-информатор предупреждает экипаж об опасности, а остальные роботы занимают необходимые позиции. Наплатформенные роботы разведчики выдвигаются к наиболее опасным участкам платформы и вероятным путям эвакуации людей. Внеплатформенные роботы-разведчики, занятые в патрулировании зоны вокруг платформы, перемещаются к местам эвакуации людей и наиболее опасным зонам вне платформы.

Роботы-рабочие выдвигаются к местам эвакуации и скоплениям людей, а также занимают позиции в соответствии с некоторыми критериями оптимальности (например, зона покрытия, близость к людям, удаленность от опасных зон). Перед возникновением аварии необходимо обеспечить сохранность роботов-рабочих, так как в случае их выхода из строя, многие опасные ситуации (тушение пожара, ликвидация сложных завалов, и др.) станет невозможно устранить. Данная стратегия относится одинаково и к наплатформенным и внеплатформенным роботам-рабочим.

Роботы-перегрузчики размещаются неподалеку от мест эвакуации людей. Под местами эвакуации понимаются зоны на платформе, оборудованные штатными средствами эвакуации к которым во время аварии расчищают путь роботы-рабочие, сопровождают роботы-разведчики и направляет робот-информатор.

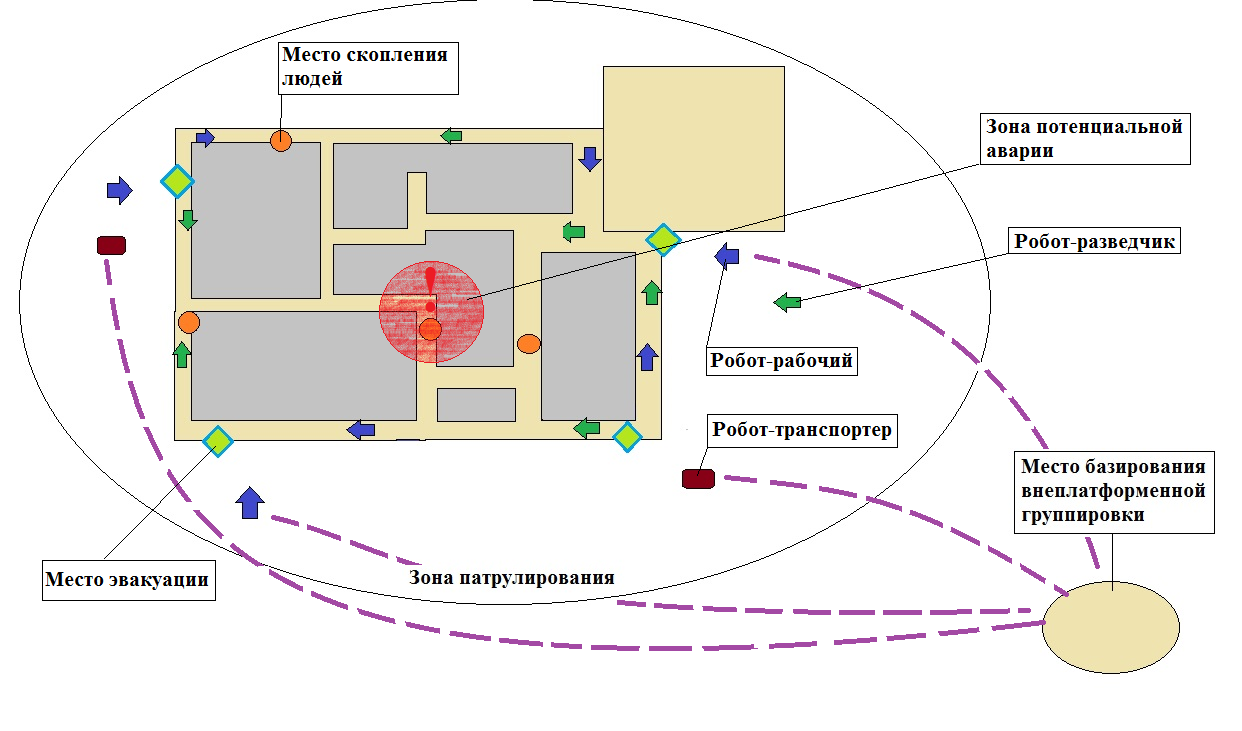


Рисунок 2 – развёртывание группировки спасательных роботов

Расположение и движение роботов в процессе развертывания схематично изображено на рисунке 2. На рисунке зона возможной аварии выделена красным цветом, траектории движения роботов от места базирования внеплатформенной СГР обозначена пунктиром.

Транспортный робот, относящийся к внеплатформенной СГР, размещается на достаточном удалении от платформы, чтобы не быть поврежденным. Людей к нему доставляют роботы перегрузчики. Наплатформенный транспортный робот (если он предусмотрен) ожидает посадки спасающихся на борт.

Расположение роботов в момент возникновения аварии показано на рисунке 3. Пунктиром обозначены маршруты движения некоторых роботов.

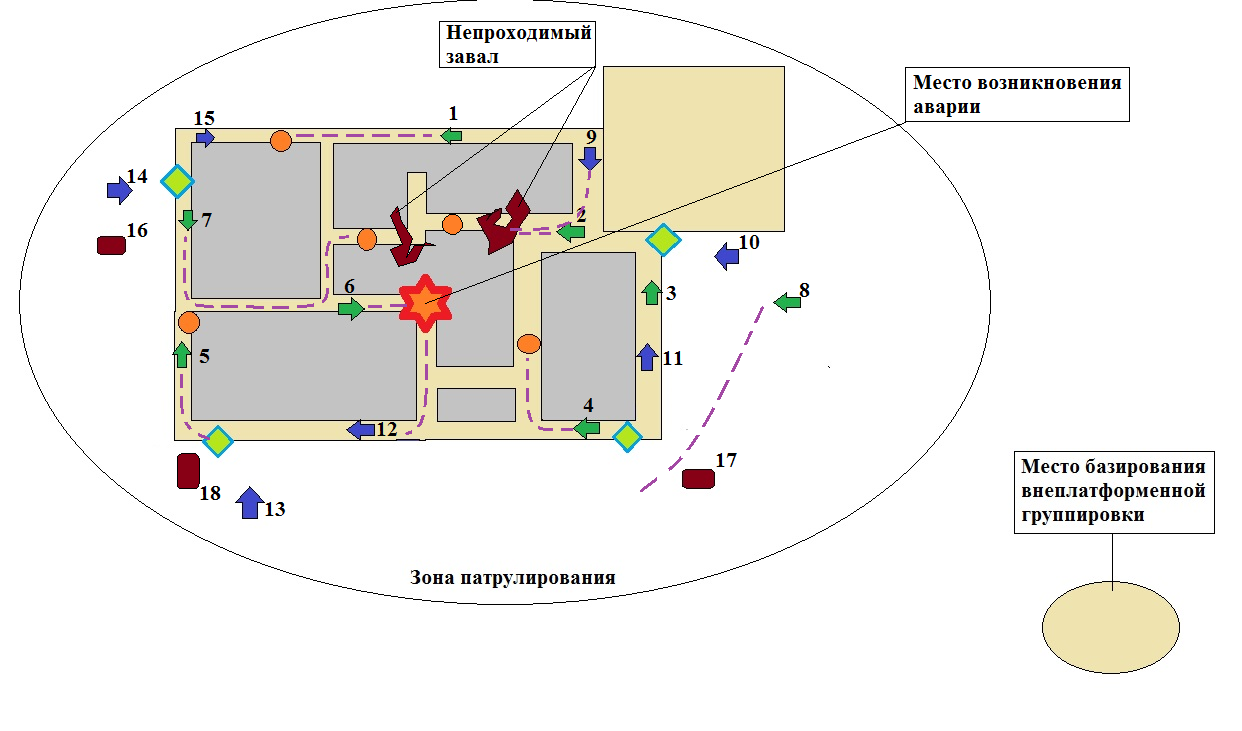


Рисунок 3 – расположение роботов в момент аварии

Наплатформенные роботы-разведчики обозначены цифрами 1-7, внеплатформенные представлены роботом с номером 8. Внеплатформенные роботы-разведчики производят патрулирование участка вокруг платформы, поиск людей, мониторинг состояния платформы и прилегающих участков, производят поиск препятствий. Эти роботы должны обеспечить группировку информацией о безопасности маршрутов отхода от нефтяной платформы и безопасности зон вокруг нее для размещения в ней других роботов и людей.

Наплатформенные роботы 1-7 во время аварии производят патрулирование на борту платформы с целью поиск людей и разведки маршрутов эвакуации. На рисунке 3 робот под номером 1 движется к обнаруженному человеку. Робот номер 5 уже обнаружил спасаемого и привлек его внимание, дальше он в режиме сопровождения проводит человека до точки эвакуации.

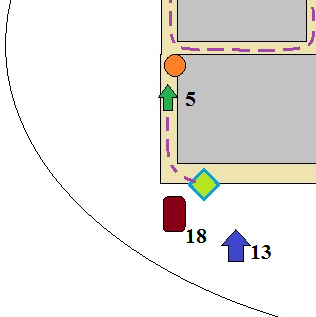


Рисунок 4 – робот-разведчик сопровождает спасаемого к месту эвакуации

К месту эвакуации выдвигается робот-транспортер на рисунках 4 и 3 он обозначен номером 18.

Робот номер 13 – робот-рабочий производит мониторинг, дополняя данные о состоянии нефтяной платформы из своей зоны, также размещены роботы 14 и 10. Эти роботы находятся на достаточно близком расстоянии от основных точек эвакуации.

Робот 12 получив сигнал, движется к месту аварии для предупреждения распространения пожара.

Наплатформенный робот-разведчик 6 занимается сбором информации о месте аварии и состоянии маршрутов эвакуации вокруг него. Робот 2 обнаружил непроходимый завал на платформе и также производит мониторинг вокруг него (рисунок 5).

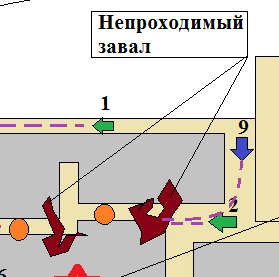


Рисунок 5 – участок платформы с завалами

Робот-рабочий 9 движется для начала расчистки завала и спасения заблокированных людей, обнаруженных средствами робота 2 или другими датчиками и средствами платформы. Освободив проход от препятствий, робот-рабочий уходит выполнять следующую задачу или переходит в режим мониторинга, а робот-разведчик 2 переходит в режим сопровождения и начинает сопровождение спасаемых к ближайшему доступному месту эвакуации. Одновременно сигнал получает робот-транспортер 17 и выдвигается к тому месту эвакуации, куда производит сопровождение робот-разведчик (рисунок 6).

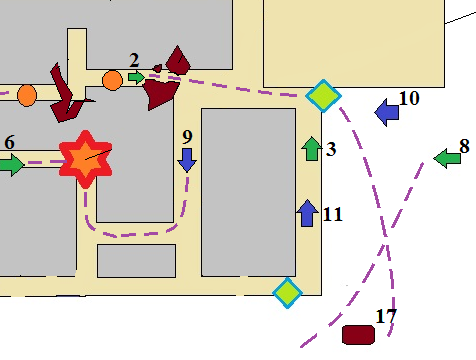


Рисунок 6 – эвакуация после расчистки маршрута

После того как люди поднимутся на борт робота-транспортера 17, он начинает движение к транспортному роботу, который находится в безопасной зоне на некотором удалении от морской нефтяной платформы. Транспортный робот обозначенный на рисунке 7 номером 19, начинает движение на встречу роботу транспортеру, чтобы сократить время спасения. Происходит стыковка роботов, и пассажиры транспортера переходят на транспортный робот.

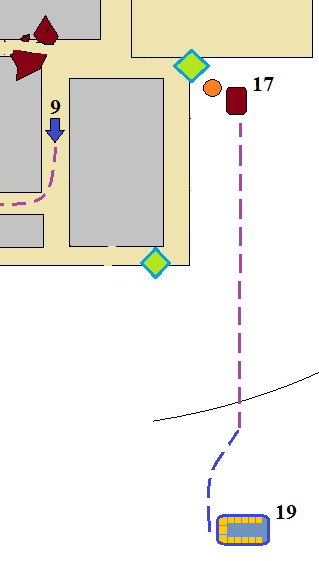


Рисунок 7 – движение транспортного робота и робота транспортера

Робот транспортер не должен глубоко заходить в опасную зону, а должен лишь немного приблизиться и подготовиться для стыковки, чтобы ускорить спасение. После того как спасаемые перейдут на борт транспортного робота, он возвращается в безопасную зону, а робот-транспортер переходит к выполнению следующей задачи.