

## СЛАЙД

### Тема 3: Взаимодействие системы с ее окружением

#### СЛАЙД План:

1. Общая характеристика границ системы
2. Контекстная диаграмма, как инструмент определения границ системы
3. Типы взаимодействия системы с окружением

Окружению системы можно дать широкое определение – все, что находится вне системы и взаимодействует с ней. Взаимодействие с окружением и составляет основное содержание требований к системе. Поэтому так важно в самом начале разработки выявить и детально описать все способы взаимодействия системы с

ее окружением. Заслуживающая особого внимания обязанность системного инженера – не только понять, что это за взаимодействия, но и разобраться в их физической природе, чтобы требования точно отражали весь спектр условий эксплуатации.

#### 1. Общая характеристика границ системы

Чтобы понять, в каких условиях функционирует система, необходимо точно идентифицировать ее границы, то есть определить, что находится внутри системы, а что вне ее. Поскольку мы рассматриваем системную инженерию в контексте проекта разработки системы, в качестве подлежащего разработке изделия берется система в целом.

На первый взгляд, определение границ системы не составляет труда, но на практике очень трудно решить, что является частью системы, а что частью ее окружения. Многие проекты оказались провальными из-за неправильных допущений относительно того, что есть внешнее, а что внутреннее. Более того, разные организации определяют границы системы по-разному – даже для очень похожих систем.

По счастью, имеется несколько критериев, помогающих определить, должен ли некоторый объект определяться как часть системы:

- *Контроль со стороны разработчика.* Контролирует ли разработчик системы разработку данного объекта? Может ли разработчик повлиять на требования к объекту или эти требования определяются независимо от желания разработчика? Средства выделяются из бюджета разработчика или финансирование осуществляет другая организация?
- *Контроль эксплуатации.* Будет ли эксплуатация данного объекта после внедрения системы находиться под контролем организации, эксплуатирующей ее? Будет ли владелец системы определять цели и задачи, стоящие перед этим объектом? Будет ли эксплуатационный контроль время от времени переходить к другой организации?

- *Привязка функций.* При функциональном описании системы может ли системный инженер привязывать функции к определенным объектам?
- *Единство цели.* Необходим ли данный объект для успешной работы системы? Можно ли после внедрения системы удалить его без ущерба для других объектов?

Случалось, что системные инженеры допускали ошибки, определяя объект как часть системы, хотя степень контроля над ним (согласно приведенным выше критериям) была очень мала. И, как правило, на этапе разработки или эксплуатации оказывалось, что подобный объект неспособен выполнить возложенные на него задачи.

На самых ранних стадиях необходимо решить, являются ли пользователи и операторы частями системы или внешними объектами. В большинстве случаев их следует рассматривать как внешние объекты. Разработчик системы и владелец редко обладают достаточным контролем над операторами, чтобы включать их в

систему. Если оператор не является частью системы, то системный инженер и разработчик должны уделить особое внимание интерфейсу оператора – критически важному аспекту сложной системы.

Можно рассмотреть ситуацию и под другим углом – большинство систем не могут работать без активного участия оператора-человека, за которым остаются принятие решений и функции контроля и управления. В функциональном смысле операторов вполне можно рассматривать как неотъемлемую часть системы. Однако для системного инженера оператор – это элемент окружения системы, предъявляющий к интерфейсу определенные требования, которые должны быть учтены при разработке. Таким образом, в нашем определении операторы будут считаться внешним по отношению к системе объектом.

Выше уже отмечалось, что многие системы (если не большинство) могут рассматриваться как часть более крупных систем. Для эксплуатации автомобиля нужны дорожная сеть и инфраструктура станций техобслуживания. Однако они не изменяются для адаптации к новому автомобилю. Для запуска космического корабля нужна сложная кабель-мачта, которая используется для заправки топливом и предполетного обслуживания. Но кабель-мачта обычно является частью пускового комплекса, а не разрабатывается вместе с космическим кораблем. Точно так же единая энергосистема является стандартным источником электроэнергии, которую использует, например, система обработки данных. Таким образом, суперсистемы в приведенных выше примерах следует рассматривать не как часть разрабатываемой системы, а как необходимый элемент ее окружения, и при этом гарантировать, что все требования, относящиеся к интерфейсам, корректно и адекватно определены.

Системного инженера следует привлекать к принятию проектных решений об интерфейсах – как в отношении систем, которые являются для него целевыми, так и в отношении систем, с которыми целевая система находится во взаимодействии. В примере с космическим кораблем и кабелем-мачтой, вероятно, понадобится внести изменения в процедуру обработки информации и, быть может, доработать некоторые другие функции кабеля-мачты. В таком случае определение общих интерфейсов и связанные с этим проектные вопросы следует согласовать с инженерами, отвечающими за пусковой комплекс.

## 2. Контекстная диаграмма, как инструмент определения границ системы

Одно из важных средств обмена информацией, доступных системному инженеру, – *контекстная диаграмма*. На ней в наглядном виде изображаются внешние объекты и их взаимодействия с системой. Типичный пример контекстной диаграммы показан на рис. 3.2. Это так называемая диаграмма черного ящика, на которой система показана в виде сплошной фигуры в центре, без каких бы то ни было деталей. Внутреннее устройство или принцип работы скрыты от читателя. Диаграмма состоит из трех компонентов:

1. *Внешние объекты* – это все объекты, с которыми взаимодействует система. Многие из них можно рассматривать как источники входных воздействий на систему или получатели выходных воздействий со стороны системы.
2. *Взаимодействия*. Стрелками обозначены взаимодействия между системой и внешними объектами. Направление стрелки указывает, в какую сторону направлена конкретная связь. Хотя допускается и использование двусторонних стрелок, односторонние более просты для восприятия. Поэтому системному инженеру не рекомендуется применять двусторонние стрелки, чтобы не затемнять семантику взаимодействия. В любом случае каждое взаимодействие (стрелка) снабжается меткой, которая обозначает, что именно передается через интерфейс. На этом рисунке показаны типичные для контекстной диаграммы взаимодействия. На реальной контекстной диаграмме взаимодействия были бы помечены конкретными названиями, а не обобщенными понятиями. Метки должны четко передавать смысл взаимодействия, но при этом быть достаточно лаконичными, чтобы поместиться на диаграмме. Таким образом, слов «данные» или «связь» лучше избегать, потому что они не несут почти никакого смысла.
3. *Система*. Она изображается сплошной фигурой – овалом, кругом или прямоугольником, в центре которого находится только название системы без какой-либо дополнительной информации.

Мы можем классифицировать то, что передается через внешние интерфейсы, воспользовавшись приведенными выше определениями четырех основных элементов. Используя эти элементы и добавив к ним еще один, можно сформировать пять категорий:

- данные;
- сигналы;
- материалы;
- энергия;
- воздействия.

Таким образом, система взаимодействует со своим окружением (точнее, с внешними объектами), принимая или отдавая один из первых четырех элементов либо осуществляя воздействие, которое тем или иным образом влияет на систему или окружение.

СЛАЙД



Рис. 3.2. Контекстная диаграмма

Построение диаграммы, подобной контекстной диаграмме для системы, может оказать неоценимую помощь при выделении границ системы. На рисунке четко и понятно показаны необходимые внешние интерфейсы с кратким пояснением, что передается внутрь и наружу; то есть мы имеем наглядное представление о входах и выходах системы.

В примере на рис. 3.3 в роли системы выступает типичный автомобиль. Не-

СЛАЙД



Рис. 3.3. Контекстная диаграмма для автомобиля

В примере на рис. 3.3 в роли системы выступает типичный автомобиль. Несмотря на простоту, эта диаграмма хорошо иллюстрирует интерфейсы всех пяти типов. Выделены четыре внешних объекта: пользователи (водитель и пассажиры), мастер-ремонтник (это может быть тот же человек, что и пользователь, но он взаимодействует с системой особым образом, поэтому указан отдельно), источник энергии и окружающая среда. Большинство систем взаимодействуют с внешними объектами этих четырех типов. Разумеется, кроме них может быть и много других.

Пользователь воздействует на входы системы. Эти воздействия могут быть различны – например, подача разнообразных команд, манипуляция органами управления, а также действия наподобие руления и торможения. Материалы, например груз, также подаются на вход системы. В свою очередь выходные воздействия, включая показания индикаторов, содержащие информацию о состоянии различных агрегатов, передаются от автомобиля к пользователю. Кроме того, он осуществляет деятельность, связанную с развлечениями – в современном автомобиле доступны различные формы развлечений. Наконец, по желанию пользователей им возвращается груз.

С системой взаимодействуют и другие объекты. Мастер-ремонтник должен отправить запрос на получение диагностических данных, обычно в форме сигналов, передаваемых через автомобильный интерфейс. В зависимости от того, что показывает диагностика, может быть произведена замена некоторых деталей.

Последние два внешних объекта являются специализированными сущностями, а именно: источник энергии и окружающая среда. В случае с автомобилем источник энергии дает возможность заправить автомобиль бензином. Это может быть топливный кран на АЗС или канистра с носиком. Окружающая среда требует специального рассмотрения хотя бы потому, что включает все, явно не отнесенное к другим внешним объектам. Так что в каком-то смысле окружение можно охарактеризовать как «прочее». В нашем примере автомобиль во время эксплуатации выделяет тепло и выхлопные газы. Кроме того, различные автомобильные лампы, клаксон, источники сигналов испускают звук и свет. Окружение также является источником разнообразной входной информации, как то: физическое дорожное покрытие, сопротивление воздуха и погодные условия.

Чтобы идентифицировать входы, выходы и воздействия, которые являются составными элементами взаимодействия системы с окружением, нужно приложить некоторые усилия. Автор диаграммы легко мог бы перестараться, приняв в расчет при описании этого взаимодействия, к примеру, температуру, давление, освещенность, влажность и ряд других параметров. В связи с этим возникает интересный вопрос: что учитывать при составлении перечня взаимодействий системы с внешним объектом? Более того, откуда мы знаем, что некий внешний объект нужно поместить на нашу диаграмму? К счастью, ответ на этот вопрос прост: если взаимодействие существенно влияет на системные проектные решения, его следует включать.

В примере с автомобилем физическое дорожное покрытие важно для проектирования, так как от него зависят тип трансмиссии, механизм рулевого управления и выбор шин. Поэтому мы поместили на диаграмму дорожное покрытие. Температура, влажность, давление и тому подобные факторы, конечно, важны, но мы не знаем, насколько они существенны при выборе проектных решений, поэтому объединили их в группу «погодные условия». Это не означает, что автомобиль проектируется для эксплуатации в любых климатических и природных условиях; просто мы не рассматриваем все условия в проекте. Представление об условиях эксплуатации мы должны получить из требований и тогда сможем решить, нужно ли помещать их на контекстную диаграмму.

Что считать выходным воздействием системы на внешнее окружение, опять же зависит от того, в какой степени учет этого воздействия влияет на проектные решения. На самом деле влияние автомобиля на окружающую среду определяется множеством факторов: тепло, запахи, текстура, цвет... и в особенности двуокись углерода в составе выхлопных газов! Но что из этого существенно для проекта? Сразу можно назвать четыре важнейших фактора: тепло, шум от охранной сигнализации, выхлопные газы и свет. Их мы включим, а все прочее пока опустим. Ничто не мешает нам в любой момент изменить контекстную диаграмму (все равно это придется делать еще не раз – как в процессе разработки системы, так и на протяжении жизненного цикла проекта по созданию системы).

Контекстная диаграмма системы – очень простой, но действенный способ идентификации, оценки и наглядного представления границ системы. Поэтому она и стала первым инструментом, с которым мы познакомились в этой книге. Вслед за ней мы опишем и другие; в совокупности они позволяют системному инженеру собрать всю информацию, необходимую для успешной разработки целевой системы.

### 3. Типы взаимодействия системы с окружением

Чтобы лучше понять природу взаимодействия системы с ее окружением, удобно разделить все взаимодействия на *первичные* и *вторичные*. В первом случае рассматриваются элементы, которые взаимодействуют с основными функциями системы, то есть представляют функциональные входы, выходы и управляющие воздействия, а во втором – элементы, взаимодействующие с системой косвенным нефункциональным образом: физическая опора, температура окружающей среды и др. Таким образом, функциональное взаимодействие системы с окружением включает ее входы, выходы и управляющий человеко-машинный интерфейс. Техническое обслуживание можно считать квазифункциональным интерфейсом. Угрозами системе называются объекты, которые подрывают способность системы выполнять свои функции. Физическое окружение включает системы обеспечения, укрытие системы, а также упаковку, доставку и хранение. Все это кратко описывается ниже.

**Входы и выходы.** Основная цель большинства систем – реагировать на внешние стимулы и/или материалы, обрабатывая их полезным образом. Например, для пассажирского самолета материалом являются пассажиры, их багаж, а также топливо, а функцией – быстрая, безопасная и комфортная перевозка пассажиров и их багажа в пункт назначения. На рис. 3.4 показана часть многообразных взаимодействий сложной системы, каковой является пассажирский самолет, с ее окружением.

**Операторы системы.** Выше уже отмечалось, что практически все системы, в том числе автоматизированные, не являются полностью автономными, а в той или иной степени контролируются человеком-оператором. С точки зрения системного инженера, оператор является частью окружения системы. Интерфейс между оператором и системой (человеко-машинный интерфейс) – один из наиболее важных в силу тесной связи действий оператора с функционированием системы. Кроме того этот интерфейс является одним из наиболее сложных для описания и проверки соответствия установленным требованиям.

**Техническое обслуживание.** Требования к готовности и эксплуатационной надежности системы непосредственно связаны со способом ее технического обслуживания на протяжении срока эксплуатации. Отсюда вытекает, что систему следует проектировать так, чтобы имелся доступ для контроля, испытаний и ремонта. Эти требования зачастую неочевидны в начале проекта, но тем не менее они должны быть учтены на ранних стадиях процесса разработки. Таким образом, эти требования необходимо уяснить и добиться их недвусмысленного выполнения применительно к организации и условиям технического обслуживания и ремонта.

**Угрозы.** Это тоже класс внешних объектов; угрозы бывают как природные, так и исходящие от людей. Например, при проектировании корабельных систем следует учитывать свойство морской воды вызывать коррозию. Угрозы могут исходить и от людей, так для банкомата серьезную угрозу представляет вор, стремящийся завладеть находящейся внутри наличностью. Угрозы системе необходимо выявлять как можно раньше, чтобы включить средства противодействия.

**Системы обеспечения.** Системы обеспечения являются частью инфраструктуры, от которой зависит выполнение целевой системой своих задач. Как показано

## СЛАЙД

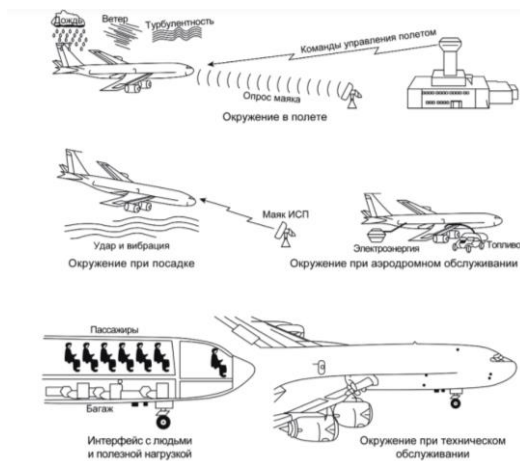


Рис. 3.4. Окружения пассажирского авиалайнера (ИСП – инструментальная система посадки)

на рис. 3.4, аэропорт, система управления воздушным движением в зоне аэропорта и относящиеся к ним средства составляют инфраструктуру, в рамках которой функционирует конкретный рассматриваемый самолет, но которая доступна и всем прочим самолетам. Все это части системы систем, каковую представляет собой система воздушного транспорта, но с точки зрения отдельно взятого самолета они являются стандартными ресурсами, с которыми у него налажен гармоничный интерфейс.

Выше уже упоминались два примера систем обеспечения: единая энергосистема, которая распределяет доступную для использования электроэнергию по всему цивилизованному миру, и сеть автозаправочных станций и поставщиков топлива на них. При конструировании нового самолета, автомобиля и прочих систем необходимо позаботиться об интерфейсах, совместимых с этими системами обеспечения.

**Укрытие системы.** Стационарные системы, как правило, устанавливаются на какой-то площадке, которая сама по себе налагает на систему ограничения по совместимости. В некоторых случаях площадка обеспечивает защиту от природных факторов, в том числе температуры и влажности. В других случаях, например при установке на борту судна, платформа предоставляет лишь средства для механического монтажа, но оставляет систему подверженной воздействию стихий, ударов, вибрации и прочим суровым испытаниям.

**Упаковка и доставка.** Часто систему необходимо перемещать от места изготовления до места эксплуатации, и условия транспортировки также необходимо учитывать при проектировании. К числу таких условий относятся экстремальные температура и влажность, ударные и вибрационные нагрузки, которые иногда выходят за пределы предусмотренных условий эксплуатации. Стоит отметить, что влияние на систему такого рода взаимодействий со стороны окружающей среды учитывается главным образом на стадии разработки инженерно-технических решений.