

## ГИБКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СТЕПЕНИ АВТОМАТИЗАЦИИ КАК СРЕДСТВО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И АВТОМАТИКОЙ<sup>1</sup>

© 1991 г. А. Н. Костин

*Институт психологии РАН, г. Москва*

Быстрое увеличение возможностей современной вычислительной техники приводит к усилению тенденций на повышение степени автоматизации процессов управления сложными техническими комплексами (СТК). Для обеспечения эффективности и надежности СТК все более значимым является корректное решение проблемы распределения функций между человеком и автоматикой.

Подходы к решению этой, по выражению Н. Винера (Винер, 1966), одной из великих проблем испытали значительную эволюцию. Непосредственно после постановки самой проблемы поиск ее решения проводился по пути сравнения преимуществ и недостатков человека и автоматики и нахождения на этой основе оптимального распределения функций между ними (Фитс, 1970; Чапанис, 1970). Затем принцип сравнимости человека и автоматики был отвергнут и заменен принципом взаимодополняемости человека и техники, а сама проблема фактически сведена к проблеме выбора степени автоматизации функций человека (Джордан, 1970).

Из аналогичной постановки проблемы исходит и принцип активного оператора, введенный Н.Д. Заваловой, Б.Ф. Ломовым и В.А. Пономаренко при обосновании полуавтоматического режима управления самолетом

---

<sup>1</sup> Статья ранее опубликована в: Психологические проблемы профессиональной деятельности / Отв. ред. Л.Г. Дикая, А.Н. Занковский. М.: Наука, 1991. С. 62-71.

(Завалова, Ломов, Пономаренко, 1971; Инженерная психология..., 1977). При выборе степени автоматизации функций человека применительно к процессам управления АСУ ТП А.И. Галактионовым предложен принцип необходимости сохранения целостности структуры деятельности оператора (Галактионов, 1978).

Однако существует и позиция, отрицающая саму постановку проблемы распределения функций между человеком и автоматикой, в том числе и как проблему выбора степени автоматизации на основании утверждения о невозможности распределения функций между субъектом и средством деятельности (Щедровицкий, 1979). Этот неправомерный вывод, как справедливо отмечал Г.Л. Смолян, сделан в результате проведения редуccionистских аналогий процессов взаимодействия между человеком и автоматикой в СТК и между землекопом и лопатой или бухгалтером и счетами. В то же время эти аналогии — свидетельство того, что проблема распределения функций могла возникнуть только на определенном уровне развития средств автоматизации (Смолян, 1981).

Необходимо отметить, что в общем случае степень автоматизации может изменяться в ходе достижения целей управления СТК. Поэтому решение проблемы распределения функций между человеком и автоматикой целесообразно искать в стратегии изменения степени автоматизации процессов управления в зависимости от возникающих ситуаций и условий деятельности.

Одним из направлений при создании современных СТК является стремление разработчиков к максимальной автоматизации процессов управления и вовлечению в них человека только в крайнем случае. Следует признать, что это стремление во многом обусловлено объективными причинами. Во-первых, разработчики хорошо понимают несовершенство систем профессионального отбора и подготовки операторов для большинства существующих СТК. Во-вторых, разработчики наряду с

операторами несут свою долю ответственности за успешность процессов эксплуатации СТК, а однозначно определить, кто виноват в конкретной аварийной ситуации – оператор или разработчики, бывает очень трудно.

В то же время хорошо известно, что при длительном использовании автоматического режима управления у операторов, в частности, снижается уровень активности, притупляется чувство ответственности. Это может привести к ошибочным решениям о несуществующих неисправностях и отключению нормально работающей автоматики либо к задержкам при опознании реальных отказов и переходе к ручному режиму управления (Завалова и др., 1981; Инженерная психология..., 1977; Ошибки пилота, 1986; Сильвестров и др., 1986). Но, даже отвлекаясь от указанных трудностей в деятельности операторов, можно показать принципиальную ущербность стремления к полной автоматизации процессов управления СТК.

Дело в том, что программы управления, вводимые разработчиками в средства автоматики, построены с использованием различных количественных критериев оценки эффективности и надежности функционирования систем СТК. Состав и величины указанных критериев выбираются разработчиками, исходя из некоторых моделей процессов управления или технических нормативов.

Однако указанные модели неизбежно описывают реальные процессы с ограниченной степенью адекватности, так как они не могут учитывать всего многообразия условий функционирования СТК из-за возможности возникновения и многократного наложения различных маловероятных ситуаций или отказов. Кроме того, при создании новых многоцелевых СТК всегда имеется определенные моменты неопознанности, неизвестности об особенностях их функционирования, которые нельзя формализовать при моделировании. Это неизбежно для любых широкомасштабных и многоаспектных явлений.

Технические нормативы работоспособности систем так же заведомо неточны, так как выбираются с некоторым запасом. Поэтому их превышение не всегда соответствует реальному отказу аппаратуры или запредельному характеру процессов управления.

Следовательно, принципиальная ограниченность количественных критериев приводит к тому, что в автоматических режимах закономерно существует возможность прекращения или неправильной работы системы управления при полностью исправной аппаратуре.

Недостаточную адекватность используемых моделей невозможно компенсировать многократным резервированием системы управления – основным методом обеспечения надежности СТК. Преодолеть это ограничение не удастся и путем проведения различных испытаний из-за ограниченности набора условий и сроков создания СТК.

Таким образом, основное предназначение операторов при управлении сложной техникой состоит в компенсации неадекватности моделей процессов управления в широком диапазоне условий, возможных в продолжительный период эксплуатации СТК. Для преодоления указанной неадекватности в конкретной ситуации необходимы ее качественный, целостный анализ на основе профессионального опыта, знаний, интуиции оператора, а также специальные средства организации управления.

Процессы выполнения профессиональных операторских функций контроля и управления СТК по ограниченному массиву количественных критериев носят в основном репродуктивный характер, тогда как содержательная, качественная оценка ситуаций, их смысловое обобщение требуют продуктивных и даже творческих процессов мышления, заключающихся, в частности, в постановке новых целей и задач комплекса, выработке новых критериев оценки надежности и эффективности, формировании гипотез о содержании ситуаций и их развития в целом.

Известно, что содержательные оценки значительно сложнее, чем

количественные. Поэтому можно полагать, что чем больше качественных, содержательных критериев используется при выполнении своих профессиональных функций операторами в режимах управления СТК, тем выше объективная сложность их деятельности.

Функции операторов СТК в зависимости от соотношения между используемыми количественными и качественными критериями условно можно разделить на два класса. Функции первого класса основаны на использовании преимущественно количественных критериев, второго класса — преимущественно качественных критериев. В связи с тем что, как показано ранее, объективная сложность деятельности растет с увеличением использования качественных критериев, функции второго класса будут объективно сложнее, чем функции первого.

Очевидно, что процессы выполнения функций последнего должны быть связаны главным образом с репродуктивным мышлением, а второго — с продуктивным. Поэтому при выполнении функций разных классов должны возникать принципиально отличающиеся неопределенности, неоднозначности и затруднения или проблемности, преодоление которых потребует актуализации, включенности соответствующих минимально необходимых уровней психической регуляции.

Результаты проведенных ранее совместно с Ю.Я. Голиковым исследований позволили разделить возможные виды проблемностей в сложной операторской деятельности на два класса: проблемные моменты и проблемные ситуации (Голиков, Костин, 1990). При этом полагалось, что первые представляют собой неопределенности, неоднозначности и затруднения, для преодоления которых минимально необходима регуляция на низшем, сенсорно-перцептивном уровне. Проблемные ситуации в этом случае характеризуют проблемности, требующие для преодоления актуализации двух высших уровней регуляции — представлений и вербально-логического. Тем самым фактически

определена некоторая шкала субъективной сложности операторской деятельности, хотя граница между классами проблемностей на данной шкале размыта.

Исходя из изложенного, стратегия изменения степени автоматизации процессов управления, как главное средство организации их выполнения должна строиться с учетом возникновения у оператора принципиально различных классов проблемностей.

Для обеспечения возможности изменения степени автоматизации необходимо, чтобы автоматические программы управления образовывали иерархическую структуру. В общем виде уровни этой структуры (от высшего к низшему) можно определить по специфике объекта управления: весь комплекс систем СГК, часть комплекса или некоторая совокупность систем, отдельная система, подсистема или совокупность блоков системы, отдельный блок системы. Выбор уровней программ управления достаточно произволен и определяется разработчиками СГК. Чем выше сложность технического комплекса, тем большее количество таких уровней можно выделить.

Программы управления каждого уровня автоматически, т.е. без вмешательства оператора, организуют выполнение подчиненных им программ нижележащего уровня. Если же возникает необходимость воздействия одной программы на другие этого или вышележащего уровня, то оно может происходить только с санкции (разрешения) оператора или после внесения им необходимых изменений в работу систем. Степень автоматизации процессов управления СГК будет максимальной при задействовании программ высшего уровня — управления всем комплексом систем СГК; минимальной — при работе программ низшего уровня — управления отдельными блоками систем.

Можно полагать, что в случае функционирования программ некоторых высших уровней режимы управления СГК являются автоматическими, при

задействовании программ низших уровней — ручными, при работе программ промежуточных уровней — полуавтоматическими. Границы между классами автоматизации режимов управления в общем случае будут размытыми. Их четкое определение может происходить исходя из специфики конкретных СТК.

Профессиональные функции операторов по управлению СТК фактически в любом классе режимов будут сводиться к планированию и организации последовательности и взаимодействия программ управления разных уровней на основе контроля и анализа процессов функционирования технических систем. Кроме того, операторы могут задавать исходные данные для программ любого уровня или вносить изменения в параметры работы систем. Этим и объясняется условность введенных классов автоматизации режимов управления, так как даже в автоматических режимах операторы могут осуществлять запуск (включение) и прекращение (выключение) программ управления системами, а в ручных режимах могут работать автоматические программы управления отдельными блоками или их совокупностями.

Наборы возможных ситуаций на нижних уровнях программ управления (блоков или совокупности блоков) даже с учетом возникновения отказов довольно ограничены. Поэтому модели процессов управления на этих уровнях, создаваемые разработчиками СТК, обычно имеют достаточно высокую степень адекватности реальным процессам.

На высших уровнях (отдельных систем, совокупности систем, комплекса в целом) в силу принципиальной невозможности рассмотрения всех вероятных ситуаций из-за многообразия связей между системами, практически неограниченного количества комбинаций из расчетных ситуаций, в том числе и отказов в каждой из систем и возможности нерасчетных ситуаций, как уже отмечалось ранее, полная формализация процессов управления принципиально недостижима. Соответственно

модели процессов управления на этих уровнях будут иметь низкую степень адекватности из-за неоднозначности использования количественных критериев оценки эффективности и надежности, а также необходимости комплексных многокритериальных оценок.

В то же время автоматические режимы управления СТК можно и целесообразно создавать для ограниченного набора часто встречающихся или аварийных ситуаций, при которых достижима формализация процессов управления. Так, например, автоматическими режимами могут быть различные резервные или аварийные режимы по обеспечению безопасности СТК, и даже некоторые стандартные основные режимы управления.

Итак, неадекватность моделей процессов управления операторы должны компенсировать прежде всего на высших уровнях. Поэтому распределение функций между человеком и автоматикой должно строиться таким образом, чтобы до определенного уровня, на котором модели процессов управления еще могут иметь достаточно высокую степень адекватности реальным процессам, управление СТК реализовывалось автоматическими программами по количественным критериям. При этом целостный анализ и организация программ управления вышележащих уровней должны осуществляться операторами преимущественно по качественным, содержательным критериям (Варна, Костин, 1987; Костин, 1990). Тем самым будет обеспечиваться творческое содержание профессиональных операторских функций, непосредственно связанное с верхним диапазоном введенной шкалы проблемностей.

Нами предлагается следующая стратегия гибкого изменения степени автоматизации процессов управления: снижение степени автоматизации от полуавтоматического режима до ручного осуществляется оператором главным образом при возникновении серьезных, неустранимых автоматическими программами отказов или нерасчетных ситуаций,



увеличение — также от полуавтоматического режима до автоматического — реализуется автоматикой при возникновении в деятельности оператора проблемностей высоких уровней. Тогда полуавтоматические режимы должны являться основными, штатными в процессах управления СТК, а автоматические и ручные — рассматриваться как резервные для страховки человека и техники соответственно. Вследствие такого подхода появляется возможность организовать их взаимное резервирование.

Полуавтоматические режимы, как показано в исследованиях деятельности летчика при управлении самолетом, наиболее целесообразны с точки зрения резервирования оператором техники при возникновении отказов, так как обеспечивают необходимый уровень его активности (Завалова и др., 1971; Инженерная психология..., 1977; Сильвестров и др., 1986). Средством обеспечения активности летчика является проприоцептивная обратная связь в результате непрерывного воздействия им на органы пилотирования в таких разновидностях полуавтоматического режима, как директорное, совмещенное и комбинированное управление (Сильвестров и др., 1986).

В предлагаемом нами варианте полуавтоматического режима управления СТК активность оператора обеспечивается за счет непосредственной реализации им функций управления, заключающихся в организации программ определенного уровня. Изменение степени автоматизации в этом случае будет производиться оператором самостоятельно при возникновении отказов и нерасчетных ситуаций, с которыми не могут справиться программы управления нижележащих уровней, в том числе с помощью аппаратного или функционального резервирования. При этом, чем ниже уровень программ управления, на котором возникает отказ или ситуация, тем меньше должна выбираться и степень автоматизации, включая переход на ручное управление.

В целях предотвращения или компенсации ошибок оператора

реализуется обратный процесс — принудительное повышение степени автоматизации при регистрации вычислительными средствами СТК возникающих в его деятельности проблемностей высоких уровней, т.е. при превышении некоторого диапазона субъективной сложности, допустимого для реализуемого в полуавтоматическом режиме уровня функций. И чем больше выход за верхние границы этого диапазона, тем выше должна устанавливаться степень автоматизации, включая переход на автоматический режим управления, если он возможен. В противном случае должны реализовываться автоматические резервный или аварийный режимы, обеспечивающие, прежде всего безопасность функционирования СТК.

Повышение степени автоматизации, освобождая оператора от функций по управлению, тем самым предоставляет ему возможность для более полного и детального анализа ситуации. И если ситуация разъясняется, то оператор осуществляет переход обратно к полуавтоматическому режиму управления, если же нет — контролирует ход автоматического режима.

В то же время проблемности высоких уровней могут возникнуть при принятии оператором нестандартного, творческого, интуитивно найденного решения, радикальным образом меняющего стратегию процесса управления. В этом случае оператор должен иметь право снизить степень автоматизации до первоначального полуавтоматического режима или даже ниже вплоть до ручного, ввести запрет на ее, принудительное повышение и реализовать принятое решение. Впоследствии оператор может перейти к нужному варианту полуавтоматического режима и снять введенный запрет.

Необходимо отметить, что у оператора могут возникнуть проблемности высоких уровней по причинам, не относящимся к выполнению профессиональных функций. В этом случае оператор возвращается к первоначальному полуавтоматическому режиму без

введения запрета на принудительное повышение степени автоматизации. Тем самым будет обеспечена практическая возможность преодоления неизбежной неадекватности предлагаемой стратегии изменения степени автоматизации.

Однако для реализации принудительного повышения степени автоматизации необходимы специальные методы оценки субъективной сложности деятельности, которые можно реализовать с помощью вычислительных средств СТК. Экспериментальные исследования по анализу операторской деятельности, проведенные совместно с Ю.Я. Голиковым при развитии структурно-динамической концепции, показали, что в качестве параметра субъективной сложности деятельности можно использовать длительность межсаккадических интервалов (МСИ) движений глаз (Голиков, Костин, 1991). При этом выявлено, что чем выше субъективная сложность операторской деятельности, тем больше длительность МСИ. Выделение саккад и оценки МСИ в движениях глаз, регистрируемых методом ЭОГ, осуществлялась автоматически на персональной ЭВМ. Специальным методом таксономического анализа, также реализованного программно на ПЭВМ, определены диапазоны изменения МСИ, соответствующие разным классам проблемностей на шкале субъективной сложности.

Тогда общую схему реализации принудительного повышения степени автоматизации можно представить следующим образом: для каждого уровня профессиональных функций операторов в процессах управления устанавливается допустимый диапазон изменения МСИ, принудительное повышение степени автоматизации происходит при возникновении МСИ, длительность которого превосходит диапазон, допустимый для осуществляемого в полуавтоматическом режиме уровня функций.

Использование принудительного повышения степени автоматизации позволит осуществить определенную форму активной помощи,

резервирования или даже страховки оператора в критических ситуациях деятельности. Одновременно обеспечивается и определенная гарантия для разработчиков СТК по предотвращению ошибок операторов или их последствий.

Предлагаемая форма помощи оператору в некотором смысле подобна различным видам защиты техники от ошибок операторов, при которых результаты их действий блокируются или приводятся в некоторые допустимые пределы управления. Однако логика подобных защит определяется разработчиками СТК, исходя из уже упоминавшихся, ограниченно адекватных моделей управления и поэтому далеко не всегда срабатывает правильно. Предоставление оператору права на принятие окончательного решения и возможности самостоятельно снижать степень автоматизации реально обеспечит главную определяющую роль человека в процессах управления сложной техникой. Но это вызывает и повышенные требования к уровню его квалификации и тем самым к совершенству систем профессионального отбора и подготовки операторов.

Предлагаемая стратегия гибкого изменения степени автоматизации процессов управления СТК выражает фактически новый принцип решения проблемы распределения функций между человеком и техникой — принцип взаимного резервирования оператора и автоматики. Суть принципа можно сформулировать следующим образом: человек – оператор резервирует технику (в случае возникновения неустранимых автоматикой отказов или нерасчетных ситуаций) посредством самостоятельного снижения степени автоматизации, автоматика резервирует человека (при возникновении в его деятельности проблемностей высоких уровней) путем принудительного повышения степени автоматизации процессов управления.

Изложенный принцип разработан при формируемом в настоящее время равнозначном подходе к человеку и технике (Голиков, 1991). В то же

время в нем находит дальнейшее развитие концепция взаимодополняемости человека и машины, выдвинутая Н. Джорданом (Джордан, 1970).

В процессе гибкого изменения степени автоматизации может быть преодолено серьезное противопоставление человека и техники, а точнее, как отмечал А. Чапанис, противодействие между человеком-оператором и человеком — разработчиком техники, основанное на их взаимном недоверии. Разработчик опасается ошибочного вмешательства оператора в нормальный процесс функционирования техники и стремится заавтоматизировать процессы управления, оператор боится неправильной работы автоматики особенно в нестандартных ситуациях и настаивает на возможности использования ручного управления (Чапанис, 1970). Принцип взаимного резервирования позволит организовать равноправное содействие, сотрудничество, партнерство между операторами и разработчиками посредством автоматики и, следовательно, по-новому подойти к решению проблемы обеспечения надежности СТК.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Варна Т.П., Костин А.Н.* Распределение функций между человеком и автоматикой в процессе управления // Человек – творчество – компьютер. Тез. докл. к VIII Международного конгресса по логике, философии и методологии науки. Ч. 1. М., 1987. С. 82—85.
- Винер Н.* Творец и робот. М., 1966.
- Галактионов А.И.* Основы инженерно-психологического проектирования АСУТП. М., 1978.
- Голиков Ю.Я.* Влияние возрастания сложности операторской деятельности на изменение подходов к человеку и технике // Психологические проблемы профессиональной деятельности / Отв. ред. Л.Г. Дикая, А.Н. Занковский. М.: Наука, 1991. С. 5-14.

- Голиков Ю.Я., Костин А.Н.* Виды проблемности в сложной операторской деятельности // Практическое мышление: Функционирование и развитие / Отв. ред. Д.Н. Завалишина. М.: ИП АН СССР, 1990. С. 61-68.
- Голиков Ю.Я., Костин А.Н.* Принципы структурно-динамической концепции анализа и проектирования сложных видов операторской деятельности // Психологические проблемы профессиональной деятельности / Отв. ред. Л.Г. Дикая, А.Н. Занковский. М.: Наука, 1991. С. 14-26.
- Джордан Н.* Распределение функций между человеком и машинами в автоматизированных системах // Инженерно-психологическое проектирование. Вып. 1. М., 1970. С. 195—205.
- Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А.* Принцип активного оператора и распределение функций между человеком и автоматом // Вопросы психологии. 1971. № 3. С. 3—15.
- Инженерная психология: Теория, методология, практическое применение. М., 1977.
- Костин А.Н.* Критериальный подход к распределению функций между человеком и автоматикой // Проблемы инженерной психологии: Материалы VII Всесоюзной конференции по инженерной психологии. Л., 1990. С. 94.
- Ошибки пилота: Человеческий фактор. М., 1986.
- Сильвестров М.М., Козиоров Л.М., Пономаренко В.А.* Автоматизация управления летательными аппаратами с учетом человеческого фактора. М., 1986.
- Смолян Г.Л.* Человек и компьютер. М., 1981.
- Фитс П.* Функции человека в сложных системах // Инженерно-психологическое проектирование. Вып. 1. М., 1970. С. 79—95.
- Чапанис А.* О распределении функций между людьми и машинами // Инженерно-психологическое проектирование. М., 1970. Вып. 1. С. 153—170.

*Щедровицкий Л.П.* Еще раз о распределении функций между человеком и машиной // Проблемы инженерной психологии: Материалы V Всесоюзной конференции по инженерной психологии. Вып. 1. М., 1979. С. 61—62.

**FLEXIBLE CHANGE OF AUTOMATION DEGREE AS AN ALLOCATOR OF FUNCTIONS BETWEEN HUMAN AND AUTOMATICS**

© 1991 Anatoly N. Kostin

*Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, Moscow*

Библиографическая ссылка на статью:

Костин А.Н. Гибкое изменение степени автоматизации как средство распределения функций между человеком и автоматикой // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2018. Т. 3. № 3. С. 218-232.

Адрес статьи:

<http://work-org-psychology.ru/engine/documents/document394.pdf>