

УДК 351

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ ПО КАНАЛУ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ

Докт. техн. наук, проф. ГАНЭ В. А., асп. ДИЯБ АБДАЛЛАХ С. А. О.

Белорусский национальный технический университет

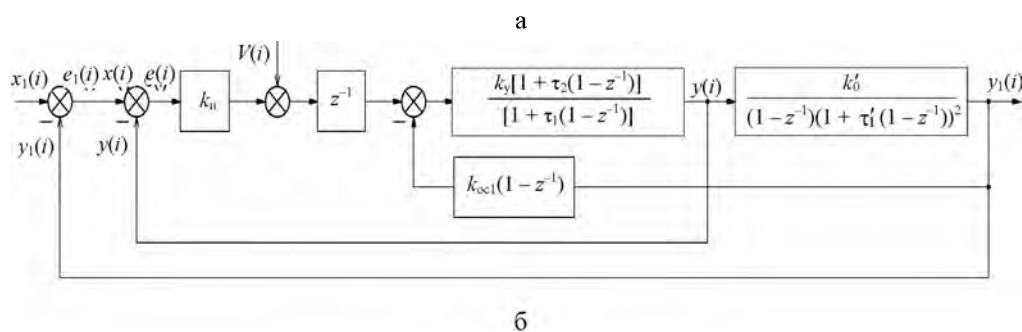
Рассматривается структурное моделирование канала управления направлением движения автотранспортного средства в трех ситуациях дорожного движения и соответствующей каждой из них подготовкой водителей. Целью работы является формирование трех структурных динамически согласованных с дорожной обстановкой и подготовкой водительского состава моделей – инструментов феноменологического и математического моделирования эффективности управления. Критерием эффективности выступает формируемое на каждой из моделей целевое рассогласование (отклонение) в форме ошибки отслеживания целевой функции в контуре управления направлением движения автотранспортного средства.

Передаточная функция колесного автотранспортного средства при управлении направлением движения описывается формулой [1]

$$K_{\text{н}}(p) = \frac{k_0}{p(1 + T_1 p)^2},$$

где k_0 – коэффициент преобразования канала управления направлением движения; T_1 – постоянная времени канала.

При дискретном представлении моделей систем управления автотранспортным средством передаточная функция канала управления направлением движения переписывается в дискретном виде с учетом формальной замены оператора дифференцирования на оператор первой конечной разности. Структурная схема поведенческой модели оператора-водителя автотранспортного средства с низкой степенью мотивационного восприятия с учетом динамики канала управления направлением движения представлена на рис. 1а, где приняты следующие обозначения: e_{1x} – динамическая ошибка в канале управления; τ_1, τ_2 – постоянные времени дискретного аperiодического и разностного звеньев первого порядка соответственно; τ'_1 – постоянная времени дискретного аperiодического звена; $k_{\text{осц}}(z)$ – i -й коэффициент преобразования отрицательной обратной связи; k_y – то же преобразования «интеллектуального» управляющего устройства; k'_0 – то же автотранспортного средства; $k_{\text{н}}$ – то же измерителя рассогласований.



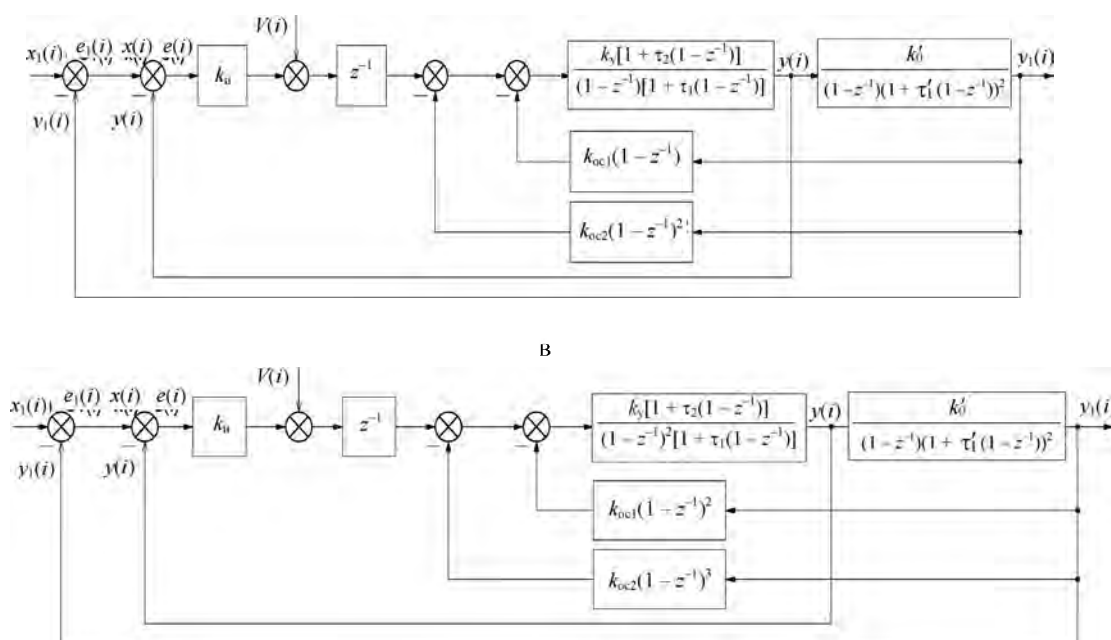


Рис. 1. Структурная схема информационной поведенческой модели оператора-водителя автотранспортного средства с соответствующей степенью мотивационного восприятия с учетом динамики канала управления направлением движения: а – низкой; б – средней; в – высокой

Анализ результатов поведенческого моделирования операторов-водителей с низкой степенью мотивационного восприятия с учетом динамики канала управления направлением движения автотранспортного средства показывает, что ошибки в канале управления направлением движения определяются поведенческими ошибками операторов-водителей. Чем выше поведенческие ошибки, тем больше и ошибки в канале управления направлением движения автотранспортного средства. Причем модель канала управления направлением движения автотранспортного средства работоспособна только в случае, когда постоянная времени разностного звена первого порядка в поведенческой модели оператора-водителя с низкой степенью мотивационного восприятия принимает значения, равные или меньшие, чем период измерения рассогласования. При этом поведенческое моделирование операторов-водителей с низкой степенью мотивационного восприятия с учетом динамики канала управления направлением движения автотранспортного средства проводилось при $\tau_2 = 1$.

При постоянных (не изменяющихся во времени) задающих воздействиях на канал управления направлением движения динамические ошибки в канале управления e_{1x} равны нулю.

При изменении во времени угла поворота управляемых колес автотранспортного средства по линейному закону в модели канала управления направлением движения существует установившееся значение динамической ошибки. Величина установившегося значения ошибки e_{1x} обратно пропорциональна коэффициенту преобразования автотранспортного средства k'_0 и не зависит от постоянной времени дискретного апериодического звена τ'_1 . При росте интенсивности задающего воздействия динамические ошибки в канале управления направлением движения увеличиваются и возможно дорожно-транспортное происшествие.

Увеличение коэффициента преобразования «интеллектуального» управляющего устройства в поведенческой модели оператора-водителя с низкой степенью мотивационного восприятия приводит к уменьшению ошибки канала управления направлением движения автотранспортного средства при линейно изменяющихся во времени задающих воздействиях на канал управления. Однако при коэффициенте преобразования $k_y > 1$ модель канала управления направлением движения становится неработоспособной, т. е. неустойчивой. Динамические ошибки управления установившегося режима не зависят от изменения постоянных времени

дискретного аperiodического звена τ_1 и разностного звена первого порядка поведенческой модели, причем указанные постоянные времени звеньев могут изменяться в следующих пределах: $1 < \tau_1 < 10$; $\tau_2 < 1$. При невыполнении этих условий модель канала управления направлением движения автотранспортного средства с оператором-водителем с низкой степенью мотивационного восприятия оказывается неработоспособной.

При изменении во времени угла поворота управляемых колес автотранспортного средства по квадратичному закону динамические ошибки в модели канала управления направлением движения автотранспортного средства изменяются во времени по линейному закону. Увеличение коэффициента преобразования автотранспортного средства при управлении направлением движения приводит к уменьшению динамических ошибок в канале управления направлением движения. Увеличение постоянной времени дискретного аperiodического звена в модели канала управления направлением движения автотранспортного средства приводит к увеличению динамических ошибок. С ростом интенсивности квадратично изменяющегося задающего воздействия динамические ошибки в канале управления направлением движения возрастают и может наступить катастрофическая ситуация.

При случайных задающих и возмущающих воздействиях увеличение параметрической интенсивности этих воздействий приводит к повышению дисперсий ошибок. Увеличение коэффициента преобразования и постоянной времени дискретного аperiodического звена канала управления направлением движения автотранспортного средства приводит к росту дисперсий (среднеквадратичных отклонений) ошибок по задающему и возмущающему воздействиям.

Структурная схема информационной поведенческой модели оператора-водителя автотранспортного средства со средней степенью мотивационного восприятия с учетом динамики канала управления направлением движения представлена на рис. 1б.

Анализ результатов поведенческого моделирования операторов-водителей со средней степенью мотивационного восприятия с учетом динамики канала управления направлением

движения автотранспортного средства показывает, что при постоянных задающих воздействиях на канал управления направлением движения и изменении во времени угла поворота управляемых колес автотранспортного средства по линейному закону модель ведет себя аналогично модели, представленной на рис. 1а. При $\tau'_1 > 5$ модель канала управления направлением движения с оператором-водителем со средней степенью мотивационного восприятия становится неработоспособной. При увеличении интенсивности задающего воздействия динамические ошибки в канале управления направлением движения возрастают.

Рост коэффициента преобразования «интеллектуального» управляющего устройства в поведенческой модели оператора-водителя со средней степенью мотивационного восприятия не влияет на ошибки канала управления направлением движения автотранспортного средства. Однако при $k_y > 1$ модель канала управления направлением движения становится неработоспособной. Динамические ошибки установившегося режима также не зависят от изменения постоянных времени дискретного аperiodического звена τ_1 и разностного звена первого порядка поведенческой модели, причем указанные постоянные времени звеньев могут изменяться в пределах: $1 < \tau_1 < 5$; $\tau_2 < 2,5$. При невыполнении этих условий модель канала управления направлением движения автотранспортного средства с оператором-водителем со средней степенью мотивационного воздействия оказывается неработоспособной.

При изменении во времени угла поворота управляемых колес автотранспортного средства по квадратичному закону, увеличении коэффициента преобразования автотранспортного средства, постоянной времени дискретного аperiodического звена, интенсивности квадратично изменяющегося задающего воздействия модель ведет себя аналогично модели оператора-водителя автотранспортного средства с низкой степенью мотивационного восприятия.

При случайных задающих и возмущающих воздействиях увеличение параметрической интенсивности этих воздействий приводит к увеличению дисперсий ошибок. Рост коэффициента преобразования и постоянной времени дискретного аperiodического звена канала уп-

правления направлением движения автотранспортного средства приводит к увеличению дисперсий (среднеквадратичных отклонений) ошибок по задающему и возмущающему воздействиям.

Структурная схема информационной поведенческой модели оператора-водителя автотранспортного средства с высокой степенью мотивационного восприятия с учетом динамики канала управления направлением движения представлена на рис. 1в.

Анализ результатов поведенческого моделирования операторов-водителей с высокой степенью мотивационного восприятия с учетом динамики канала управления направлением движения автотранспортного средства показывает, что при постоянных задающих воздействиях на канал управления направлением движения динамические ошибки в канале управления $e_{1,x}$ равны нулю. При изменении во времени угла поворота управляемых колес автотранспортного средства по линейному закону в модели канала управления направлением движения существует установившееся значение динамической ошибки. Величина установившегося значения ошибки $e_{1,x}$ обратно пропорциональна коэффициенту преобразования автотранспортного средства k'_0 и не зависит от постоянной времени дискретного аperiodического звена τ'_1 . При $\tau'_1 > 4,5$ модель канала управления направлением движения с оператором-водителем с высокой степенью мотивационного восприятия становится неработоспособной. При росте интенсивности задающего воздействия динамические ошибки в канале управления направлением движения увеличиваются.

Рост коэффициента преобразования «интеллектуального» управляющего устройства в поведенческой модели оператора-водителя с высокой степенью мотивационного восприятия не влияет на ошибки канала управления направлением движения автотранспортного средства при изменениях k_y в пределах $0,6 < k_y < 2$. При невыполнении этого условия модель канала управления направлением движения становится неработоспособной. Динамические ошибки установившегося режима также не зависят от изменения постоянной времени дискретного аperiodического звена τ_1 и разностного звена

первого порядка поведенческой модели, причем указанные постоянные времени звеньев могут изменяться в пределах $\tau_1 < 2$; $1 < \tau_2 < 5$. При невыполнении этих условий модель канала управления направлением движения автотранспортного средства с оператором-водителем с высокой степенью мотивационного воздействия оказывается неработоспособной.

При изменении во времени угла поворота управляемых колес автотранспортного средства по квадратичному закону динамические ошибки модели канала управления направлением движения автотранспортного средства изменяются во времени по линейному закону. Увеличение коэффициента преобразования автотранспортного средства при управлении направлением движения приводит к уменьшению динамических ошибок в канале управления направлением движения. Рост постоянной времени дискретного аperiodического звена в модели канала управления направлением движения автотранспортного средства приводит к увеличению динамических ошибок. С ростом интенсивности квадратично изменяющегося задающего воздействия динамические ошибки в канале управления направлением движения увеличиваются.

При случайных задающих и возмущающих воздействиях повышение параметрической интенсивности этих воздействий приводит к увеличению дисперсий ошибок. Рост коэффициента преобразования и постоянной времени дискретного аperiodического звена канала управления направлением движения автотранспортного средства приводит к увеличению дисперсий (среднеквадратичных отклонений) ошибок по задающему и возмущающему воздействиям.

Сравнительный анализ ошибок в каналах управления направлением движения автотранспортного средства при управлении оператора-

ми-водителями с различными степенями мотивационного восприятия показывает, что при одинаковых параметрических настройках поведенческих моделей в случае изменения задающего воздействия на канал управления направлением движения по линейному закону установившиеся значения динамических ошибок

в канале максимальны при низкой степени мотивационного восприятия оператором-водителем дорожной обстановки; средние значения динамических ошибок в канале соответствуют поведенческой модели со средней степенью мотивационного восприятия, малые значения динамических ошибок – поведенческой модели с высокой степенью мотивационного восприятия. Такая тенденция изменения динамических ошибок управления операторами-водителями с различными степенями мотивационного восприятия наблюдается при изменении задающего воздействия на канал управления направлением движения по квадратичному закону.

При случайном характере задающего и возмущающего воздействий на модель канала управления направлением движения автотранспортного средства дисперсии (среднеквадратичные отклонения) ошибки чаще встречаются при высокой степени мотивационного восприятия оператором-водителем дорожной обста-

новки, средние – при средней степени мотивационного восприятия, малые – при низкой степени мотивационного восприятия.

ВЫВОД

Таким образом, при управлении направлением движения автотранспортного средства в условиях низкой динамической интенсивности факторов внешней среды наиболее предпочтительна поведенческая модель оператора-водителя с высокой степенью мотивационного восприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганэ, В. А. Поведенческие модели и методы ситуационного анализа безопасности дорожного движения / В. А. Ганэ, А. Н. Мацкевич, А. Е. Цеховой. – Минск: Изд-во ВА РБ, 2002.

Поступила 22.01.2010