

РАЗДЕЛ I

ТРАНСПОРТ.

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

УДК 656.13

РАСЧЕТ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТАКТА ЦИКЛА РАБОТЫ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА

В.А. Городокин, З.В. Альметова, О.В. Леонова
ФГБОУ ВПО (НИУ) Южно-Уральский государственный университет
Россия, г. Челябинск.

Аннотация. В статье авторами предлагается методика расчета промежуточного такта цикла работы светофорного объекта, основой которой является базовый экспертный расчет. Основное внимание уделяется: допустимости завершения проезда перекрестка транспортным средствам, водители которых при включении запрещающего сигнала не располагают технической возможностью остановиться в местах, регламентированных требованиями Правил дорожного движения; показана зависимость расположения конфликтных точек между потоками транспортных средств, завершающих проезд перекрестком и транспортных потоков начинающих движение при включении разрешающего сигнала светофора, от порядка фаз работы светофорного объекта; даны практические рекомендации по выбору взаимного соотношения временных отрезков между запрещающими сигналами: «желтым» и «красным с желтым». Предложен проверочный расчет, корректирующий полученный результат.

Ключевые слова: промежуточный такт цикла работы светофорного объекта, не прибегая к экстренному торможению, безопасность дорожного движения.

Введение

Решение общих задач беззаторного и безопасного прохода автомобильным транспортом элементов улично-дорожной сети – одна из важнейших проблем, связанных с эксплуатационными потерями в транспортном движении [1,2,3]. Повышение эффективности работы светофорного объекта неразрывно связано с оптимизацией пропускной способности всего регулируемого узла УДС, включающей рациональное и полное использование цикла работы светофорного объекта [4], приведение в соответствие с нормативными документами таких элементов дороги, как ширина проезжей части, ширина и количество полос, предназначенных для движения транспортных средств [5]; организацию и обустройство дороги островками безопасности и направляющими островками; установку дорожных знаков и нанесение дорожной разметки [6]. При этом расчет цикла работы светофорного объекта является одним из немногих возможных мероприятий, позволяющих повысить эффективность работы автомобильных перевозок и уменьшить

вероятность совершения дорожно-транспортных происшествий при минимальных финансовых затратах [7]. Это может быть достигнуто за счет более правильного и научно обоснованного расчета основного и промежуточного тактов работы светофорного объекта. Решению одной из указанных задач посвящена данная статья.

Предлагаемый расчет промежуточного такта цикла работы светофорного объекта

Длительность промежуточного такта должна быть таковой, чтобы автомобиль, приближающийся к перекрестку на разрешающий сигнал светофора со скоростью свободного транспортного потока, и правомерно въезжающий на перекресток при включении запрещающего «желтого» сигнала, успевал освободить перекресток (миновать конфликтные точки пересечения с автомобилями, начинающими движения в следующей фазе). Речь в данном случае идет о том транспортном средстве, водитель которого не располагал технической возможностью остановиться в месте, регламентированном Правилами дорожного движения, не прибегая при этом к

экстренному торможению. Этим местом может быть либо «стоп–линия», либо ближайшая граница пересекаемой проезжей части, либо ближайшая граница пешеходного перехода [8,9].

С технической точки зрения, указанный отрезок пути можно разложить на два самостоятельных участка, один из которых транспортное средство преодолевает за время, необходимое транспортному средству для остановки перед одним из указанных выше мест (T_o), другое – за время достижения наиболее удаленной конфликтной точки ($T_{\text{ДКТ}}$).

$$t_{\text{заверш}} = T_o + T_{\text{ДКТ}} \quad (1)$$

В свою очередь, продолжительность времени, необходимая транспортному средству для остановки определяется по формуле:

$$T_o = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) + \frac{v_a}{7,2 \cdot J_{\text{ж}}} \quad (2)$$

где v_a – допустимая скорость транспортного средства в населенном пункте, км/ч (для практических расчетов принимается 60 км/ч); $J_{\text{ж}}$ – среднее замедление транспортного средства при включении запрещающего (желтого) сигнала, м/с² (для сухого асфальтового покрытия в практических расчетах принимается 4,6 м/с²), t_1 – время реакции водителя транспортного средства в сложившейся дорожно-транспортной ситуации, с (для практических расчетов принимается 0,6 с). t_2 – время запаздывания срабатывания тормозного привода транспортного средства, с (для практических расчетов принимается 0,1 с). t_3 – время нарастания замедления транспортного средства в данных дорожных условиях, с (для практических расчетов принимается 0,35 с).

Продолжительность времени движения транспортного средства от «Стоп-линии» до наиболее удаленной конфликтной точки зависит от конфигурации перекрестка, наличия элементов, принудительно вынуждающих снижать скорость (например, трамвайные рельсы и т.п.), стороны перекрестка, с которой начинает движение конфликтующее направление, дальности отнесения «Стоп-линии» данного и конфликтующего направлений относительно края пересекаемой проезжей части, наличия уклонов и т.д. [6,7].

В общем случае продолжительность времени движения транспортного средства от «Стоп-линии» до наиболее удаленной конфликтной точки складывается из самостоятельных отрезков времени, затрачиваемых транспортным средством при движении, например, от «Стоп-линии» до трамвайных путей, пересечение трамвайных путей на пониженной скорости, снижение скорости при выполнении на перекрестке поворота на пересекаемую дорогу, набор скорости при движении к дальней конфликтной точке (ДКТ) и т.д. Суммарное время движения на указанных отрезках пути может быть определено по приводимой ниже формуле:

$$T_{\text{ДКТ}} = 3,6 \frac{l_1}{v_{a1}} + 3,6 \frac{l_2}{v_{a2}} + \dots + 3,6 \frac{l_i}{v_{ai}} + 3,6 \frac{l_a}{v_{ai}} \quad (3)$$

где v_{a1} – средняя скорость транспортных средств при движении на перекрестке перед участком, требующим снижения скорости при прямолинейном движении, км/ч (для практических расчетов $v_{a1} = 50$ км/ч); v_{a2} – средняя скорость транспортных средств в зоне перекрестка в процессе движения на повороте после прямолинейного участка, км/ч (для практических расчетов принимается, при повороте направо $v_{a2} = 25$ км/ч, при повороте налево $v_{a2} = 30$ км/ч); v_{a3} – средняя скорость транспортных средств при движении в зоне перекрестка при пересечении трамвайных путей, км/ч (для практических расчетов $v_{a3} = 20$ км/ч); v_{ai} – средняя скорость транспортных средств при движении в зоне перекрестка после поворота направо (налево) или пересечения трамвайных путей и движения к ДКТ, км/ч (для практических расчетов $v_{ai} = 30$ км/ч); l_i – расстояние от «стоп – линии» (границы пересекаемой проезжей части или пешеходного перехода) до самой дальней конфликтной точки, м (замеряется по фактическому отрезку пути на масштабной схеме) и включает в себя все преодолеваемые участки пути ($l_1; l_2; l_3; \dots, l_i$); l_a – длина транспортного средства, наиболее часто встречающегося в потоке, м (для практических расчетов принимается равной 4,5 м).

Некоторая сложность существует при определении места расположения наиболее удаленной конфликтной точки (ДКТ). Способ ее определения показан на рисунке 1.

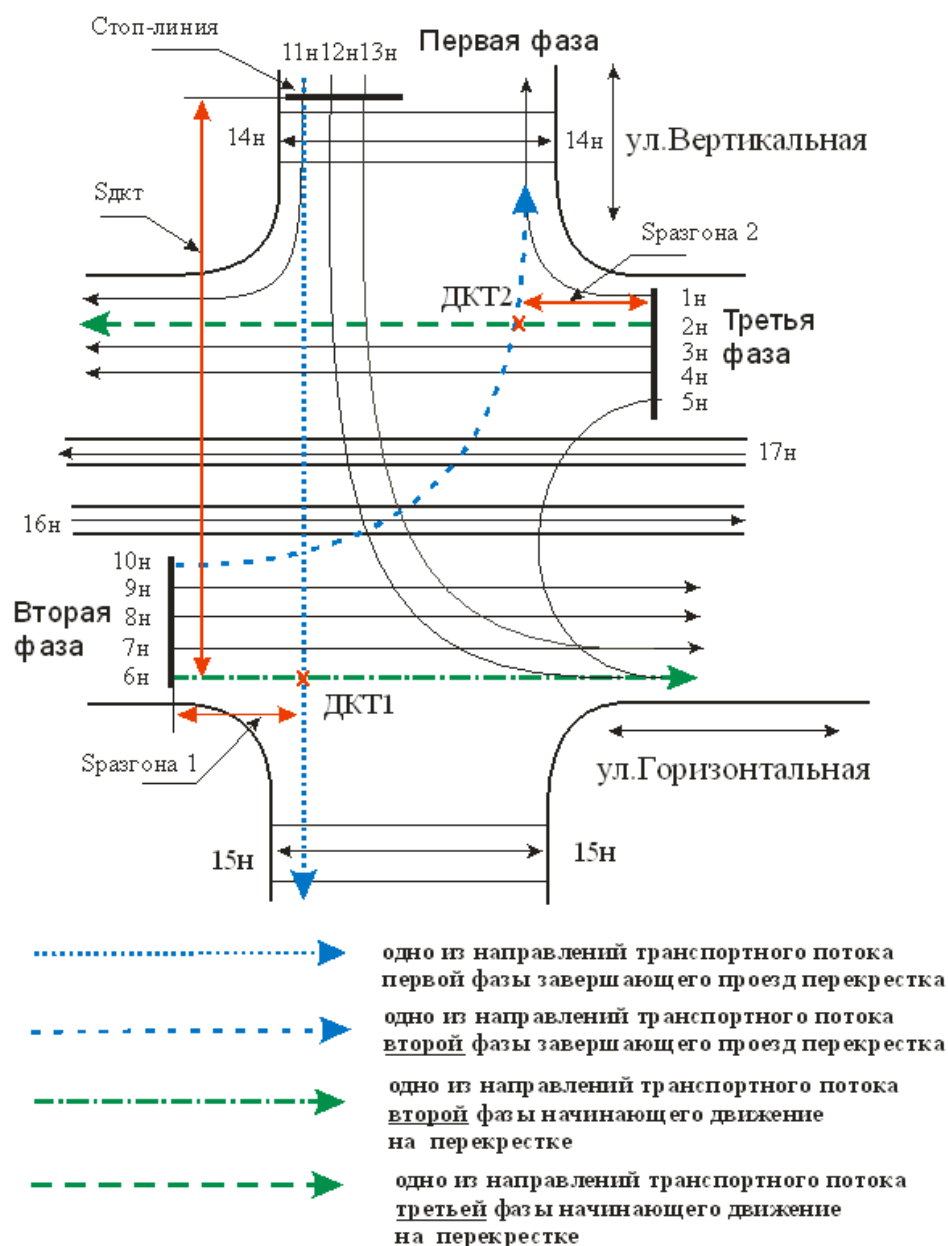


Рис. 1. Определение места расположения ДКТ

Как видно на представленной схеме перекрестка, положение ДКТ меняется в зависимости от порядка включения фаз на светофорном объекте, и при завершении проезда перекрестка транспортным потоком первой фазы ДКТ с транспортным потоком, начинающим движение во второй фазе, будет располагаться в точке «ДКТ 1». Соответственно, ДКТ транспортного потока, завершающего проезд перекрестка во второй с потоком начинающим движение в третьей фазе, будет находиться в «ДКТ 2».

Вместе с тем, в случае приведения к равному значению промежуточного такта и про-

должительности времени с момента включения запрещающего «желтого» сигнала светофора для направления, завершающего проезд перекрестка, и достижения последним, имеющим право въезда на перекресток транспортным средством, наиболее удаленной конфликтной точки, полученная таким образом продолжительность промежуточного такта будет излишне велика, с точки зрения безопасности дорожного движения. Объясняется это тем, что запрещающий «желтый с красным» сигнал светофора для направления, начинающего движение, запрещает его до момента включения разрешающего «зеле-

ного» сигнала. Соответственно, к указанному моменту поток транспортных средств, завершающих проезд перекрестка, уже преодолеет конфликтную точку. В результате в транспортном потоке появляется излишний «запас прочности» по безопасности движения, и между транспортными средствами, завершающими проезд перекрестка, и начинающими движение происходит «разрыв». С целью оптимизации работы светофорного объекта при сохранении достигнутого уровня безопасности, продолжительность промежуточного такта может быть уменьшена и представлять собой разность между продолжительностью времени с момента включения запрещающего «желтого» сигнала светофора для направления завершающего проезд перекрестка, и достижения последним транспортным средством, имеющим право въезда на перекресток наиболее удаленной конфликтной точки ($t_{\text{заверш}}$), и продолжительностью отрезка времени, необходимого транспортным средствам, начинающим движение на разрешающий сигнал светофора, достигнуть дальней конфликтной точки ($t_{\text{нач}}$).

В свою очередь, продолжительность времени с момента начала движения транспортных средств на разрешающий сигнал светофора до момента достижения дальней конфликтной точки с транспортными средствами, завершающими проезд перекрестка ($t_{\text{нач}}$) может быть определена по формуле, приведенной ниже,

$$t_{\text{нач}} = t_{\text{разгона}} + t_{\text{задержки}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{задержки}}$ – время запаздывания начала движения первого из автомобилей, начинающих движение по конфликтующему направлению, с (для практических расчетов принимается 1,0 с); $t_{\text{разгона}}$ – время необходимое транспортному средству, начинающему движение на разрешающий сигнал светофора, для достижения ДКТ, с.

Соответственно, время необходимое транспортному средству, начинающему движение на разрешающий сигнал светофора, для достижения ДКТ ($t_{\text{разгона}}$) определяется по формуле,

$$t_{\text{разгона}} = \sqrt{\frac{2S_{\text{разг}}}{a}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{разг}}$ – расстояние, преодолеваемое транспортным средством конфликтующего направления от места остановки («стоп-линия», граница пересекаемой проезжей части, граница пешеходного перехода) до ДКТ, м (замеряется по фактическому отрезку пути на

масштабной схеме); a – ускорение, с которым начинает разгон транспортное средство конфликтующего направления м/с² (принимается для практических расчетов 1,5 м/с²).

Таким образом, продолжительность промежуточного такта может быть рассчитана по формуле:

$$t_{\text{пром}} = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) + \frac{v_a}{7,2 \cdot J_{\text{ж}}} + 3,6 \frac{l_{i1}}{v_{a1}} + 3,6 \frac{l_2}{v_{a2}} + \dots + 3,6 \frac{l_i}{v_{ai}} + 3,6 \frac{l_a}{v_{ai}} - \sqrt{\frac{2S_{\text{разг}}}{a}} - 1. \quad (6)$$

Как следует из формулы (6), приведенной выше, продолжительность промежуточного такта будет тем меньше, чем дальше от ДТП будет располагаться транспортный поток, начинающий движение в следующей фазе.

Полученное при расчетах значение промежуточного такта с десятичными долями, с точки зрения безопасности дорожного движения, должно округляться в большую сторону.

При получении расчетного значения времени промежуточного такта в диапазоне до 3-х секунд, его необходимо увеличить до максимума – 3 сек, и в светофорном цикле принять за время включения запрещающего желтого сигнала для направления транспортных средств, завершающих проезд перекрестка. В случае получения продолжительности промежуточного такта 2 с и менее, для потока транспортных средств, начинающих движения допустимо устанавливать продолжительность включения запрещающего сигнала «красный с желтым», равным 2 секундам. При получении значения $t_{\text{пром}}$ в диапазоне от 2-х до 3-х секунд его продолжительность для направления начинающего движение не должна быть менее 3х секунд.

В случае получения результата продолжительности промежуточного такта в пределах от 3-х до 5-ти секунд, продолжительность промежуточного такта будет формироваться из двух составляющих, первая, равная 3-м сек – запрещающий «желтый» сигнал для направления транспортных средств, завершающих проезд перекрестка, вторая, представляющая собой запрещающий сигнал «красный с желтым», будет иметь продолжительность 2–3 сек. При продолжительности запрещающего сигнала «красный с желтым» 3 секунды и общей продолжительности промежуточного такта 5 секунд, произойдет перекрытие запрещающих сигналов на 1 секунду. При 2 - х секундной продолжительности запрещающего сигнала «красный с желтым» перекрытия сигналов не будет.

При продолжительности промежуточного такта 6 секунд запрещающие сигналы для конфликтующих направлений будут включены последовательно без перерыва, каждый по 3 секунды.

При продолжительности промежуточного такта 7 и более секунд, его структура будет формироваться из трех составляющих. Первая из 3-х секундного запрещающего «желтого» сигнала для направления транспортных средств, завершающих проезд перекрестка, вторая представит собой включение запрещающего «красного» сигнала для всех конфликтующих направлений, и третья составляющая промежуточного такта будет представлена запрещающим сигналом «красный с желтым», для направления, начинающего движение через перекресток. Продолжительность третьей составляющей будет равна 2 сек.

Стартовая задержка обусловлена частым явлением начала движения водителей транспортных средств не на момент включения разрешающего «зеленого» сигнала светофора, а с некоторым запаздыванием. С точки зрения продолжительности основного такта, данное время стартовой задержки будет «потерянным временем». Уменьшение продолжительности промежуточного такта на величину «стартовой задержки» позволит в некоторой степени компенсировать «потерянное время».

Наиболее рациональным принято считать продолжительность времени промежуточного такта 3–5 сек. Объясняется это достаточностью 3-х секунд для психологической оценки ситуации и принятия решения о завершении проезда перекрестка или принятия мер к остановке, а также психологически достаточных 2-х секунд на включение сигнала «красный с желтым» для подготовки водителей к смене запрещающего сигнала на разрешающий, дающих в сумме 5 секунд. При необходимости, более продолжительный период запрещения движения может быть организован только за счет одновременного запрета движения в обоих конфликтующих направлениях, т. е. включения общего запрещающего красного сигнала. Анализ показывает, что увеличение общего перекрытия движения в обоих конфликтующих направлениях на более длительный отрезок времени (более 1 секунды) ведет, нередко, к нарушению водителями Правил дорожного движения, что проявляется в начале движения на запрещающий «красный с желтым» сигнал светофора.

При расчете промежуточного такта необходимо учитывать, тот факт, что в период промежуточного такта заканчивают движение и пешеходы, ранее переходившие проезжую часть на разрешающий сигнал светофора. За время t_{pi} пешеход должен или вернуться на тротуар, откуда он начал движение, или дойти до середины проезжей части (островка безопасности, разделительной полосы, линии, разделяющей потоки встречных направлений). Максимальное время, которое потребуется для этого пешеходу определяется по формуле:

$$t_{pi(nw)} = B_{nw} / 4 \cdot V_{nw}, \quad (7)$$

где B_{nw} – ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в i -ой фазе регулирования, м; V_{nw} – расчетная скорость движения пешеходов, м/с (обычно принимается 1,3 м/с).

Учитывая, что продолжительность промежуточного такта одина для всех фаз цикла работы светофорного объекта, в качестве промежуточного такта выбирают наибольшее значение из t_{prom}^i и $t_{pi(nw)}$.

Таким образом, предложенный расчет промежуточного такта работы светофорного объекта, должен позволить, с одной стороны, оптимизировать процесс преодоления транспортным потоком одного из наиболее сложных участков улично-дорожной сети, с другой, повысить безопасность за счет минимизации количества конфликтных точек.

Библиографический список

1. Городокин, В.А., Кудрявцева, А.В. Установление причинно-следственных связей между действием (бездействием) участников дорожного движения и событием – дорожно-транспортным происшествием: монография / В.А. Городокин, А.В. Кудрявцева. – М.: Юрлит-информ. – 2015. – 192 с.
2. Городокин, В.А. О некоторых проблемах безопасности пешеходов / В.А. Городокин, З.В. Альметова // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Изд-во: ПНИПУ – 2015. – № 1. – С. 231-237.
3. Pogotvokina, N.S., Almetova, Z.V., Gorchakov, Y.N., Kosyakov, S.A., Kheday, V.D. Motorization in Russia: Challenges and solutions [Электронный ресурс] // N.S. Pogotvokina, Z.V. Almetova, Y.N. Gorchakov, S.A. Kosyakov, V.D. Kheday. – Электр. текстовые дан.. – International Journal of Applied Engineering Research. – Publisher: India Publications. – Pages 34443–34448. – <http://www.scopus.com/results/> режим доступа, свободный.
4. Коноплянко, В.И. Организация и безопасность движения: учебник для вузов / В.И. Коноплянко. – М.: Высш. шк. – 2007. – 383 с.

5. Евтюков, С.А., Васильев, Я.В. Экспертиза ДТП: справочник / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – Изд-во: ДНК, СПб. – 2006. – 189 с.

6. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига». – 2005. – 279 с.

7. Типовые экспертные методики исследования вещественных доказательств. Часть 1. / под редакцией к.т.н. Ю.М. Дильдина. – М.: ИНТЕР-КРИМ-ПРЕСС. – 2010. – 568 с.

8. Судебная автотехническая экспертиза. Учебно-методическое пособие для экспертов, судей, следователей, дознавателей и адвокатов под ред. В.А. Иларионова. М.: Судэкс. – 2014. – 156 с.

9. Суворов, Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: учебное пособие / Ю.Б. Суворов. – М.: Изд-во «Экзамен». – 2003. – 208 с.

THE CALCULATION OF THE INTERMEDIATE CYCLE CYCLE TRAFFIC LIGHTS

V.A. Gorodokin, Z.V. Almetova, O.V. Leonov

Abstract. The authors suggest methods of calculation of the intermediate cycle cycle a traffic light based on the basic expert calculation. Focus on: the permissibility of completion of journey of the intersection to vehicles (TC), whose drivers when you turn on forbidding signal does not have the technical ability to stay in the field, regulated by the requirements of traffic Regulations; the dependence of the location of conflict points between vehicle flows, which is the final passage of the intersection and traffic flow beginners movement when switched on allowing signal of the traffic light, on the order of phases of work traffic lights object; practical recommendations on the choice of mutual correlation of time intervals between signals prohibiting «yellow» and «red with yellow». Proposed test calculation, correcting the result.

Keywords: interim measure work cycle of a traffic light, without resorting to emergency braking, traffic safety.

References

1. Gorodokin V.A., Kudriavtseva, A.V. *Ustanovlenie prichinno-sledstvennykh svyazei mezhdu deistviem (bezdeistviem) uchastnikov dorozhnogo dvizheniia i sobytiiem – dorozhno-transportnym proishestviem: monografiia* [Establishing a causal link between the actions (or inaction) of road users and the event - road transport Events]. Moscow, IurLit-inform. 2015. 192 p.

2. Gorodokin V.A., Al'metova Z.V. O nekotorykh problemakh bezopasnosti peshekhodov. [On some problems of pedestrian safety]. *Modernizatsiia i nauchnye issledovaniia v transportnom komplekse. Izd-vo: PNIPU*, 2015, no 1. pp. 231-237.

3. Pogotovkina N.S., Almetova Z.V., Gorchakov, Y.N., Kosyakov S.A., Khgay V.D. Motorization in

Russia: Challenges and solutions. *International Journal of Applied Engineering Research*. – Publisher: India Publications. – Pages 34443–34448. – <http://www.scopus.com/results/>

4. Konoplianko V.I. *Organizatsiia i bezopasnost' dvizheniia: uchebnik dlia vuzov* [Organization and traffic safety: a textbook for high schools]. Moscow, 2007. 383 p.

5. Evtiukov S.A., Vasil'ev, Ia. V. *Ekspertiza DTP: spravochnik* [Examination of the accident: a handbook]. St. Petersburg, 2006. 189 p.

6. Kremenets Iu.A., Pecherskii M.P., Afanas'ev M.B. *Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniia: uchebnik dlia vuzov* [Technical means of traffic management: a textbook for high schools]. Moscow, 2005. 279 p.

7. *Tipovye ekspertnye metodiki issledovaniia veshchestvennykh dokazatel'stv. Chast' 1. pod redaktsiei k.t.n. Iu.M. Dil'dina* [Typical research methods expert evidence. Part 1 edited by Ph.D. YM Dildina.]. Moscow, 2010. 568 p.

8. *Sudebnaia avtotehnicheskaiia ekspertiza. Uchebno-metodicheskoe posobie dlia ekspertov, sudei, sledovatelei, doznatelei i advokotov pod red* [Judicial autotechnical examination. Study guide for experts, judges, investigators, investigators and lawyers ed.] Moscow, 2014. 156 p.

9. Suvorov Iu.B. *Sudebnaia dorozhno-transportnaia ekspertiza. Sudebno-ekspertnaia otsenka deistvii voditelei i drugih lits, otvetstvennykh za obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniia, na uchastkakh DTP* [Forensic examination of road transport. Forensic expert evaluation of actions of the driver and other persons responsible for ensuring road safety in the areas of road accident]. Moscow, 2003. 208 p.

Городокин Владимир Анатольевич (Россия, Челябинск) – кандидат юридических наук, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: qorodok_vlad@mail.ru).

Альметова Злата Викторовна (Россия, Челябинск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: zlata.almetova@yandex.ru).

Леонова Ольга Владимировна (Россия, Челябинск) – магистрант АТ-168 кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: lov-62@mail.ru).

Vladimir A. Gorodokin (Russian Federation, Chelyabinsk) – candidate of jurisprudence sciences, Professor of chair «Exploitation of road transport» of fsbei HPE «SUSU» (NRU) (454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76 e-mail qorodok_vlad@mail.ru).

Zlata V. Almetova (Russian Federation, Chelyabinsk) – candidate of technical sciences, associate Professor of «Exploitation of road transport» of fsbei HPE "SUSU" (NRU) (454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76 e-mail: zlata.almetova@yandex.ru).

Olga V. Leonova (Russian Federation, Chelyabinsk) – undergraduate at-168 at the Department of «Exploitation of road transport» of fsbei HPE "SUSU" (NRU) (454080, Chelyabinsk, Lenin Avenue, 76 e-mail: lov-62@mail.ru).

УДК 621. 777: 621.948.5

ВЫБОР СХЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ С КОНИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

А.В. Евстифеев¹, А.А. Александров², В.В. Евстифеев²

¹ОПО «Иртыш», Россия, г. Омск;

²ФГБОУ ВПО СибаДИ, Россия, г. Омск.

Аннотация. Описываются различные технологии получения методом холодной объемной штамповки полых деталей с коническими поверхностями из сплошных и трубчатых заготовок, проанализированы преимущества и недостатки некоторых способов деформирования. Представлены результаты математического моделирования с использованием специализированной конечно-элементной системы Super Forge и метода верхней оценки процессов штамповки полых деталей с внутренней конической поверхностью. Сделаны выводы о возможности снижения сил деформирования за счет изменения конструкции оснастки.

Ключевые слова: холодная объемная штамповка, полые детали с коническими поверхностями, силы деформирования, подвижная матрица, моделирование методом верхней оценки.

Введение

Большинство операций холодной объемной штамповки характеризуется высоким уровнем отрицательных гидростатических давлений, что и определяет возникновение значительных нагрузок на инструмент, иногда на уровне предельно допустимых. Кроме того, приходится не только назначать последовательность формоизменяющих операций и анализировать силовой режим на каждой из них, но и оценивать возможность получения изделий без дефектов в виде трещин, утяжин, нарушений формы и структуры металла [1]. Высокая стойкость деформирующего инструмента связана с наименьшими силами деформирования. Поэтому приходится учитывать и реактивное действие сил трения по стенкам матриц, увеличивающих сопротивление деформированию. И если выдавливание производить в инструментальной наладке с

одним из подвижных инструментов, то силы трения переводятся в активные [2,3].

Анализ процессов штамповки деталей с коническими поверхностями

Детали с коническими поверхностями, показанные на рисунке 1, изготавливаются из сплошных или полых заготовок. Причем, детали с внутренними коническими поверхностями (рис.1а и 1в) чаще всего штампуются по технологии, включающей операции обратного выдавливания пуансонами с формой, соответствующей форме полости, и последующего удаления дна стакана пробивкой или торцовкой (с потерей металла стружкой), что показано на рисунке 2. Такие технологии не подходят для деталей с наружными коническими поверхностями (рис. 1б), так как в процессе прошивки заготовки цилиндрическим пуансоном наружная поверхность не контролируется матрицей.