

Рисунок 5. Графики зависимостей площади рабочей поверхности ходового винта и ходовой гайки F : а – от диаметра d ; б – от шага s .

УДК 622.24.05

АНАЛИЗ ФОРМ ЗУБЬЕВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ БУРОВЫХ УСТАНОВОК УДАРНОГО ТИПА

Губанов С.Г.,
канд. техн. наук, ст. преп., НИТУ «МИСиС»,
Секретов М.В.,
канд. техн. наук, доц., НИТУ «МИСиС»,
DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.61.19](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.61.19)

ANALYSIS OF FORMS OF TEETS OF WORKING ORGANS OF DRILLING INSTALLATIONS OF SHOCK TYPE

Gubanov S.G.,
Sekretov M.V.

Дан анализ геометрических форм зубьев рабочего инструмента для разрушения горных пород ударом. На основании этого анализа рекомендованы области рационального применения зубьев, а также даны рекомендации по корректировке их геометрических параметров.

The analysis of geometrical forms of teeths of the working tool for destruction of rocks by blow is given. On the basis of this analysis areas of rational application of teeths are recommended, recommendations about updating of geometrical parametres of teeths are given.

Ключевые слова: рабочий инструмент для разрушения горных пород ударом, форма зубьев, ударная волна, зона контакта, угол наклона боковой поверхности зуба, радиус зуба, коэффициент эффективности формы зуба.

Keywords: the working tool for destruction of rocks by blow, the form of teeths, shock wave, contact zone, corner of an inclination of a lateral surface of a tooth, tooth radius, effectiveness ratio of the form of a tooth.

Введение

В основу работы, рассматривающей закономерности распространения ударных волн в зубьях ударного инструмента горных машин (долота и коронки бурильных машин ударно-поворотного и ударно-вращательного типов, пики и зубила отбойных молотков и т.д.) положен принцип Гюйгенса, описывающий закон отражения волн. Он свидетельствует о том, что «угол отражения волны равен углу падения по отношению к отражающей поверхности» и «падающий луч, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости» [1].

Анализ эффективности прохождения ударных волн в зону контакта зубьев с различным профилем боковой поверхности

Всё разнообразие форм зубьев ударного инструмента горных машин можно классифицировать по типу боковой поверхности [2, 3, 4], которая может быть:

1. прямой наклонной (треугольный или трапецидальный профиль (рис.1 и 3));
2. выпуклой (круговой или овальный профиль (рис.2 и 4));
3. вогнутой (шипообразный профиль);
4. комбинированной (трапецидальный скруглённый у зоны контакта профиль);
5. сложнопрофильной (эвольвентный, параболический, гиперболический и т.д. профили).

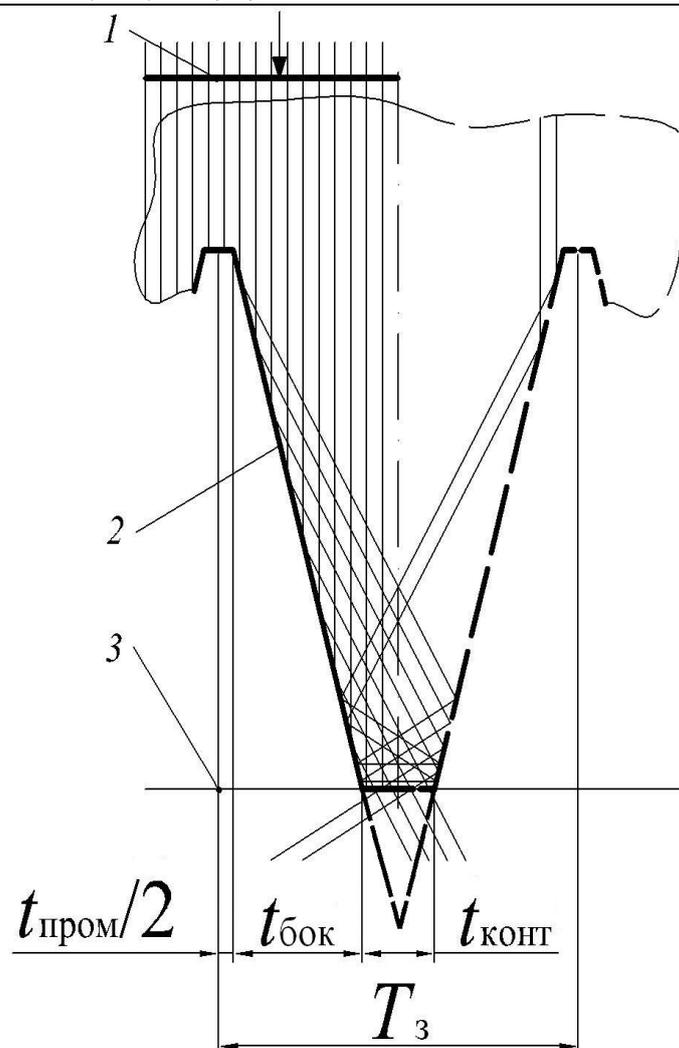


Рис.1. Схема прохождения ударных волн в зубе с прямой боковой поверхностью и углом наклона 15

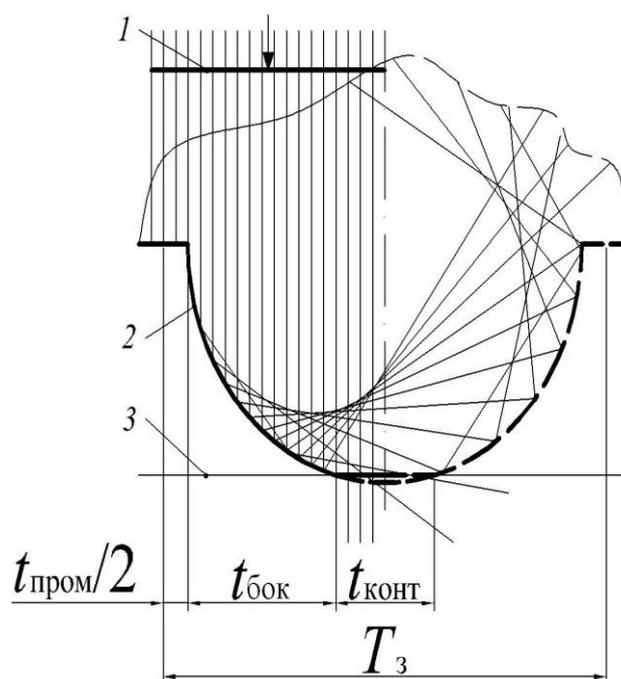


Рис.2. Схема прохождения ударных волн в зубе с круговой боковой поверхностью

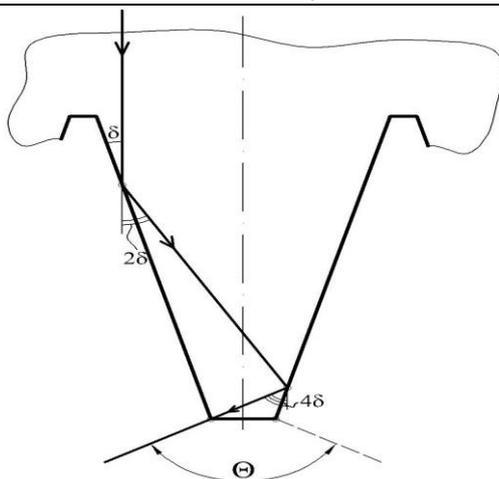


Рис.3. Схема определения максимального угла прохождения ударной волны из зубьев трапецидального профиля в породе Θ

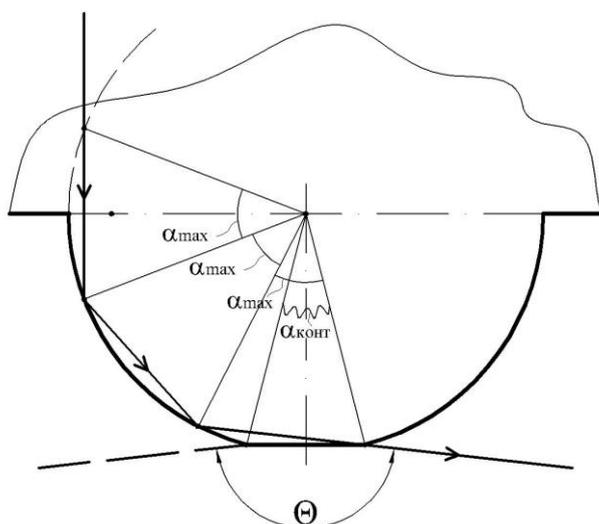


Рис.4. Схема определения максимального угла прохождения ударной волны из зубьев кругового профиля в породе Θ

Для перечисленных типов боковой поверхности зубьев важно провести сравнительный анализ эффективности работы. Такой анализ был проведён для зубьев 1 и 2 класса (трапецидального и кругового профиля), которые нашли самую широкую область применения. Эффективность работы зуба оценивалась по количеству сосредоточенных ударных волн в зоне контакта.

Если взять за основу анализа схемы распространения ударных волн в зубьях на рис.1 и 2, то на них можно выделить четыре характерные зоны:

I. Зона контакта $t_{\text{конт}}$. Она характеризуется тем, что все ударные волны, попавшие в эту зону зуба проходят в породе под углом, равным 90° к контактирующей поверхности $t_{\text{конт}}$.

II. Часть проекции боковой поверхности зуба на ось x $t_{\text{бок}}$, характеризующаяся тем, что ударные волны, попавшую на эту поверхность, отражаясь от неё, попадают в зону контакта $t_{\text{конт}}$. Эта часть проекции будет равна длине $t_{\text{бок1}}$. Для зубьев трапецидального профиля участок $t_{\text{бок1}}$ будет состоять из одного отрезка, для зубьев кругового профиля – из нескольких.

III. Часть проекции боковой поверхности зуба на ось x $t_{\text{бок}}$, характеризующаяся тем, что ударные волны, попавшую на эту поверхность, отражаясь от неё, не попадают в зону контакта $t_{\text{конт}}$, а отражаются в корпус инструмента. Эту зону обозначим как $t_{\text{бок0}}$. Для зубьев трапецидального профиля участок $t_{\text{бок0}}$ будет состоять из одного отрезка, для зубьев кругового профиля – из нескольких.

IV. Промежуточная зона зуба $t_{\text{пром}}$, характеризующаяся тем, что ударные волны, попавшую на эту поверхность отражаются в корпус инструмента.

Таким образом, на основании описания характеристик зон можно сделать вывод о том, что на эффективность прохождения ударных волн в зону контакта при постоянных значениях $t_{\text{конт}}$, $t_{\text{бок}}$ и $t_{\text{пром}}$ будет влиять соотношение длин $t_{\text{бок1}}$ и $t_{\text{бок0}}$. Причём $t_{\text{бок0}} = t_{\text{бок}} - t_{\text{бок1}}$. Это соотношение выразим через коэффициент эффективности боковой поверхности зуба

$$k_{\text{эфф.бок}} = \frac{t_{\text{бок1}}}{t_{\text{бок}}}$$

или

$$k_{\text{эфф.бок}} = 1 - \frac{t_{\text{бок}0}}{t_{\text{бок}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{бок}} = l_{\text{бок}} \sin \delta$, мм; $l_{\text{бок}}$ – длина боковой поверхности зуба, мм; δ – угол наклона боковой поверхности зуба, °. Коэффициент эффективности боковой поверхности зуба зависит от формы боковой поверхности зуба и является одним из основных показателей эффективности прохождения ударных волн в зубе.

На основании геометрического анализа прохождения ударных волн в зону контакта для зубьев трапецидального профиля и анализа соотношения

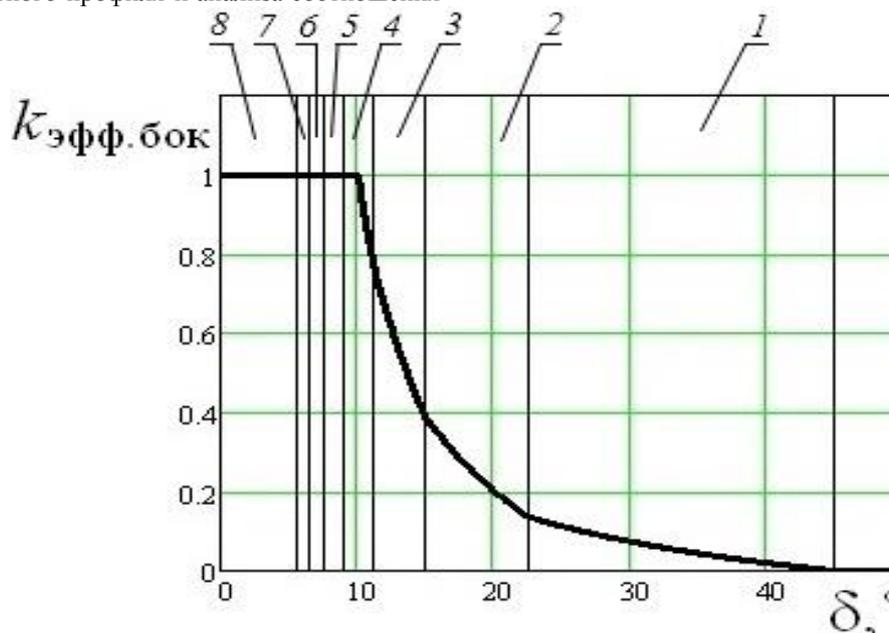


Рис.5. Зависимость коэффициента эффективности боковой поверхности зуба с трапецидальным профилем от угла наклона δ .

Также на основании геометрического анализа прохождения ударных волн в зону контакта для зубьев трапецидального профиля и анализа соотношения (1) была построена зависимость коэффициента эффективности боковой поверхности $k_{\text{эфф.бок}}$ от величины зоны контакта $t_{\text{конт}}$ при постоянном шаге зуба T_z . Она представлена на рис.6. Полученная зависимость свидетельствует о том, что по мере при- тупления инструмента эффективность прохождения

(1) была построена зависимость коэффициента эффективности боковой поверхности $k_{\text{эфф.бок}}$ от величины угла наклона боковой поверхности зуба δ при постоянной длине боковой поверхности зуба $l_{\text{бок}}$. Он представлен на рис.5. На графике цифрами с 1 по 8 показаны зоны с максимально возможным отражением ударной волны от боковой поверхности зуба равным: одному в зоне под цифрой 1, двум в зоне под цифрой 2 и т.д. В зоне под цифрой 8 максимальное количество отражение может составлять 8, 9, 10 и более раз. Все волны, отражённые от боковой поверхности зуба с углом наклона более 45° , не будут попадать в зону контакта $t_{\text{конт}}$. Анализ этого графика показывает, что оптимальный угол боковой поверхности зуба δ составляет 10° .

ударных волн в породе увеличивается. Однако экспериментальные исследования показали, что эффективность процесса ударного процесса разрушения действительно повышается в связи с увеличением зоны контакта, но до определённого значения. Выше этого значения начинает постепенно снижаться эффективность рабочего процесса из-за ухудшения условий (неравномерности) контакта инструмента с горной породой.

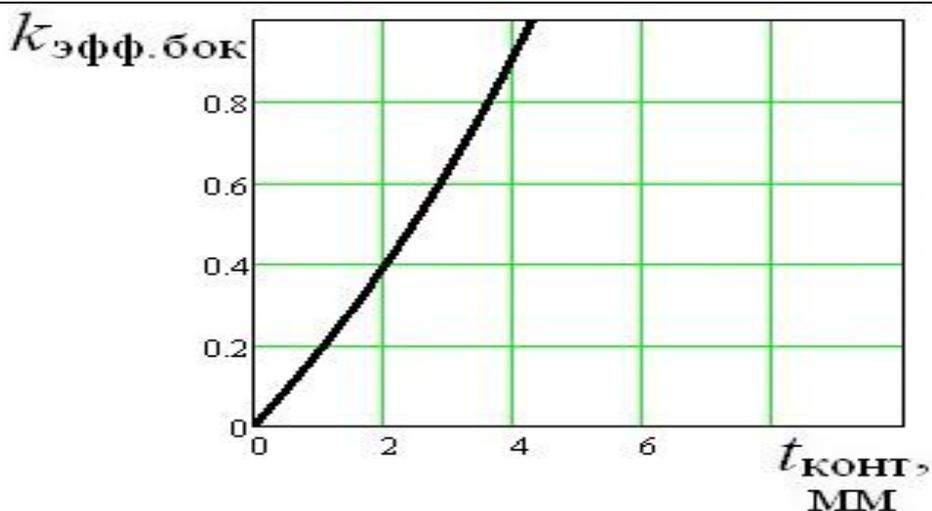


Рис.6. Зависимость коэффициента эффективности боковой поверхности зуба с трапецидальным профилем от величины зоны контакта.

На основании геометрического анализа прохождения ударных волн в зону контакта для зубьев круглого профиля и анализа соотношения (1) была построена зависимость коэффициента эффективности боковой поверхности $k_{эфф.бок}$ от величины зоны контакта $t_{конт}$ при постоянном шаге зуба T_3 . Она представлена на рис.7. На графике цифрами с 1 по 7 показаны зоны с числом отражений ударной волны от боковой поверхности зуба равным: одному в зоне под цифрой 1, двум в зоне под цифрой 2 и т.д. В зоне под цифрой 7 число отражений может составлять 7, 8, 9 и более раз. График на рис.7

свидетельствует, что по мере притупления инструмента эффективность прохождения ударных волн в породе увеличивается. Экспериментальные исследования показали, что эффективность процесса ударного процесса разрушения действительно повышается в связи с увеличением зоны контакта, но до определённого значения. Выше этого значения эффективность рабочего процесса не возрастает из-за ухудшения условий (неравномерности) контакта инструмента с горной породой.

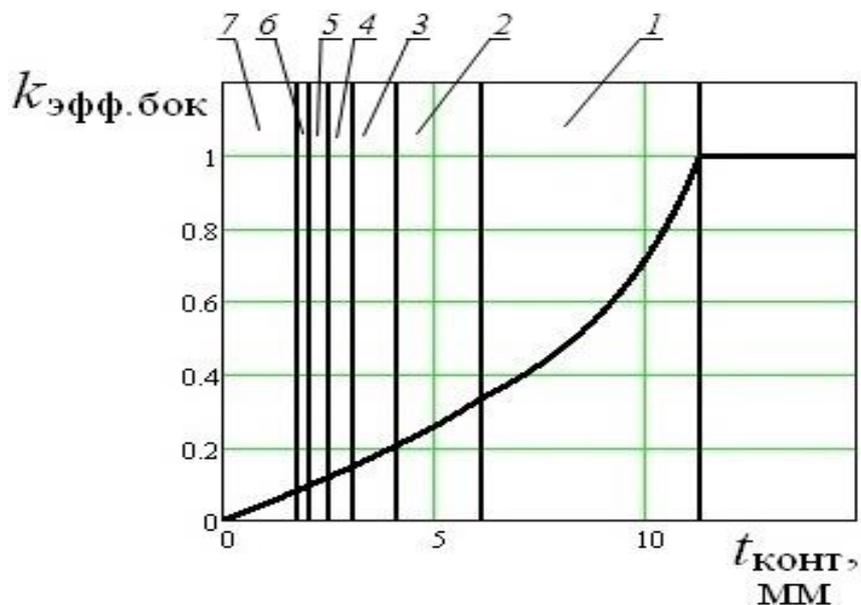


Рис.7. Зависимость коэффициента эффективности боковой поверхности зуба с круговым профилем от величины зоны контакта.

Важным показателем эффективности ударного разрушения породы является также максимальный угол прохождения ударной волны из зубьев в породе Θ (рис.3 и 4).

Для трапецидального профиля зубьев (рис.3) он находится по формуле:

$$\Theta = 4 \delta N, \quad (2)$$

где

$$N_{предв.} = \frac{90}{2\delta}.$$

Если полученное число $N_{предв.}$ не является целым, то его необходимо округлить до меньшего це-

лого. Полученное число N – максимально возможное число отражений вектора ударной волны от боковой стенки зуба. Для схемы на рис.3 $N = 2$, следовательно, на основании формулы (2) $\Theta = 8 \delta$.

На основании формулы (2) был построен график зависимости Θ от величины угла наклона боковой поверхности зуба δ при постоянной длине боковой поверхности зуба $l_{бок}$. Он представлен на рис.8. Его анализ показывает, что при углах наклона боковой поверхности зуба δ чуть меньших 45° ; $22,5^\circ$; 15° ; $11,25^\circ$; 9° ; $7,5^\circ$; $6,43^\circ$ угол про-

хождения ударной волны из зубьев в породу Θ максимален и приближается к 180° . При этом образуется лунка выкола большого диаметра и малой глубины. Эффективность прохождения ударной волны в этом случае наибольшая, и, соответственно, объем лунки выкола также наибольший. При углах δ чуть больших 45° ; $22,5^\circ$; 15° ; $11,25^\circ$; 9° ; $7,5^\circ$; $6,43^\circ$ угол Θ минимальный. При этом образуется лунка выкола среднего диаметра и средней глубины. Эффективность прохождения ударной волны в этом случае наименьшая, и, соответственно, объем лунки выкола также наименьший.

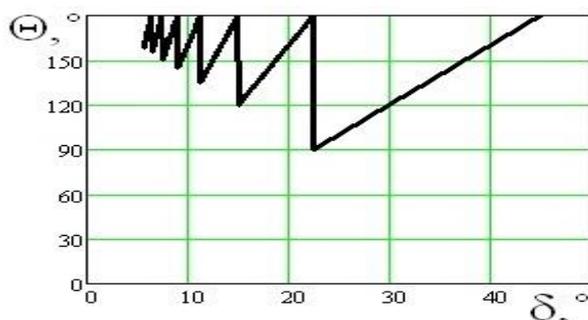


Рис.8. Зависимость максимального угла прохождения ударной волны из зубьев трапецидального профиля в породу Θ от угла наклона δ .

Максимальный угол прохождения волны из зуба в породу Θ для круглого профиля (рис.4) исходя из геометрического анализа схемы на рис.4 находится по формуле:

$$\Theta = 180 - \alpha_{\max} + \alpha_{\text{конт}}, \quad (3)$$

На основании формулы (3) был построен график зависимости Θ от величины зоны контакта $t_{\text{конт}}$. Он представлен на рис.9 для зуба с радиусом $r = 8$ мм. Этот график имеет критические значения $t_{\text{конт}}$, равные $11,3$; $6,1$; $4,1$; $3,1$; $2,5$; $2,1$; $1,8$ мм. Для величин $t_{\text{конт}}$ чуть меньших перечисленным соответствуют максимальный угол прохождения ударной

волны из зубьев в породу Θ и приближается к 180° . При этом образуется лунка выкола большого диаметра и малой глубины. Эффективность прохождения ударной волны в этом случае наибольшая, и, соответственно, объем лунки выкола также наибольший. Для величин $t_{\text{конт}}$ чуть больших перечисленным соответствуют минимальный угол прохождения ударной волны из зубьев в породу Θ , но не менее 150° . При этом образуется лунка выкола достаточно большого диаметра и относительно средней глубины. Эффективность прохождения ударной волны в этом случае наименьшая, и, соответственно, объем лунки выкола также наименьший.

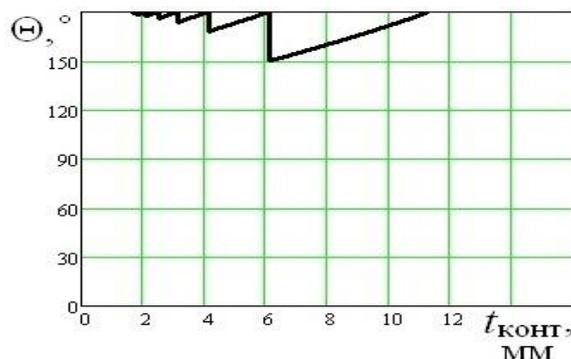


Рис.9. Зависимость максимального угла прохождения ударной волны из зубьев кругового профиля в породу Θ от величины зоны контакта.

Выводы

Графический анализ различных форм зубьев ударного инструмента с точки зрения распространения ударных волн на основании полученных зависимостей выявил, что наиболее эффективной яв-

ляется схема с прямой боковой поверхностью (трапецидальный профиль) и углом наклона $\delta = 10^\circ \dots 20^\circ$ (меньший угол для крупных зубьев, больший – для мелких). Эффективность прохождения волн в зубьях с углом $\delta = 30^\circ$ снижается в 3 ...

10 раз в зависимости от величины зуба (для мелких значение 3, для крупных – 10).

Эффективность процесса прохождения ударных волн в зубьях с круговым профилем сопоставима с эффективностью этого процесса для зубьев трапецидального профиля с углом наклона боковой поверхности $\delta = 30^\circ$.

Анализ схем на рис.1 – 4 и графиков на рис. 5 – 9 показывает, что наибольший угол прохождения ударных волн в породе ($150 \dots 180^\circ$) будет у зубьев с круговым профилем. При этой схеме формируется лунка выкола большого диаметра и малой глубины.

Схема с прямой боковой поверхностью характеризуется также достаточно большим углом прохождения ударных волн в породе ($90^\circ \dots 180^\circ$) и образованием лунки выкола относительно большого диаметра (но меньшего по отношению к круговому профилю) и средней глубины (но большей, чем у кругового профиля).

Соответственно большим преимуществом использования инструмента с зубьями кругового профиля является (как уже было упомянуто) получение лунки выкола большого диаметра, значительно превышающей площадь пятна контакта. Круговой профиль наиболее эффективен для высокоскоростного разрушения пород (с высокой частотой вращения или высокой скоростью подачи).

Список литературы

1. Гетопанов В.Н., Гудилин Н.С., Чугреев Л.И. Горные и транспортные машины и комплексы. М.: Недра, 1991. 304 с.
2. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1987. 272 с.
3. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учебник для 10 класса средней школы. М.: Просвещение, 1987. 319 с.
4. Яцких В.Г., Имас А.Д., Спектор Л.А. Горные машины и комплексы. М.: Недра, 1974. 416 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Еланская Мария Валентиновна

Студентка 5 курса Академии Строительства и Архитектуры Самарского государственного технического университета г. Самара

Любичев Дмитрий Максимович

Студент 5 курса Академии Строительства и Архитектуры Самарского государственного технического университета г. Самара

Дормидонтова Татьяна Владимировна

кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой, Академия Строительства и Архитектуры Самарского государственного технического университета г. Самара

АННОТАЦИЯ.

В статье представлены исследования параметров автоматизированной системы управления дорожным движением. Предложен эффективный метод для достижения данной цели в виде сравнительного анализа технических средств, наблюдения. В работе выявлены закономерности снижения нагрузки на улично-дорожную сеть, улучшения экологической обстановки.

ABSTRACT.

The article presents the study of the parameters of the automated traffic control system. An effective method for achieving this goal in the form of a comparative analysis of technical means and observation is proposed. The paper reveals the regularities of reducing the load on the road network, improving the environmental situation.

Ключевые слова: автоматизированная система управления дорожным движением, безопасность, пропускная способность, интенсивность движения.

Keywords: keywords. automated traffic control system, safety, capacity, traffic intensity.

Введение

В настоящее время в российских городах имеют место проблемы организации дорожного движения. Это связано с повышением уровня автомобилизации и наличием неизменной улично-дорожной сети города. Все это приводит к снижению уровня безопасности движения транспортных средств и пропускной способности улично-дорожной сети, которые вызывают заторовые режимы движения [5, с. 159].

Значительно смягчить ситуацию позволит комплекс мероприятий, связанных с совершенствованием управления транспортными потоками города - внедрением автоматизированных систем управления дорожным движением [5, с. 163]. Безопасность дорожного движения и эффективность

управления транспортными и пешеходными потоками в значительной мере определяются качеством организации дорожного движения, надежностью и отказоустойчивостью программно-технических средств систем управления дорожным движением [3, с. 352].

Проводимые исследования сводились к выбору технической реализации, первоочередное внимание уделялось рациональному соотношению между ее стоимостью и техническими характеристиками.

Анализ существующих проблем в обозначенной области позволил сформулировать цель работы, которая состоит в исследовании параметров автоматизированной системы управления дорожным движением.