

УДК 631.372

РЕБРОВ А.Ю. к.т.н., доц., НТУ «ХПИ»

КУЧКОВ В.В. аспирант, НТУ «ХПИ»

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПАХОТНЫХ МТА НА БАЗЕ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

Запропоновано методику визначення напрямків модернізації тракторів шляхом сумісної зміни ваги трактора і потужності його двигуна на основі використання поверхні продуктивності орного МТА і вектора-градієнта, що забезпечують максимальний приріст продуктивності при відповідній зміні основних параметрів трактора з урахування передаточних чисел трансмісії.

Введение. Одним из основных технико-экономических показателей колесных тракторов и машинно-тракторных агрегатов (МТА), сформированных на их основе является чистая производительность.

Факторами, влияющими на чистую производительность, являются вес трактора и мощность его двигателя. Кроме этого, правильный выбор передаточного числа трансмиссии существенно влияет на технико-экономические, тягово-энергетические показатели и производительность МТА, а также обеспечивает агротехнически необходимый диапазон рабочих скоростей обработки почвы.

Отношение мощности двигателя к весу трактора определяет его энергонасыщенность. Рациональное изменение этих параметров позволяет достичь более высоких показателей эффективности трактора.

Анализ последних достижений и публикаций. Повышение эффективности функционирования колесных тракторов и МТА на их основе при выполнении энергоемких технологических операций по механической обработке почвы является актуальной научной задачей, связанной с многофакторным поиском оптимальных или рациональных параметров трактора или МТА в целом.

Цель и постановка задачи. Цель данной работы является поиск рациональных направлений изменения энергонасыщенности колесного трактора с учетом передаточных чисел трансмиссии и шин, при этом в качестве критерия, определяющего эффективность модернизации существующих конструкций тракторов, принята чистая производительность на вспашке. Вопросы и методики, связанные с определением основных параметров трактора достаточно подробно изложены в работах [1-3]. Однако следует отметить, что зачастую авторами работ принимается ряд допущений, которые существенно могут повлиять на полученные результаты теоретических исследований. Поэтому в настоящей работе исследование эффективности МТА на базе колесного трактора проводится с использованием ранее разработанных моделей колесного пахотного МТА [4].

Математическая модель. Производительность пахотного МТА определяется в виде функции веса трактора и мощности его двигателя с учетом основных зависимостей изложенных в работе [4], и представляет собой выпуклую поверхность. При комплектовании трактора двигателем с другой мощностью или балластировании возникает вопрос об рациональном соотношении этих показателей. Решить этот вопрос можно на основании характера поверхности чистой производительности трактора.

Наиболее целесообразное направление изменения веса и мощности двигателя по критерию максимального приращения производительности МТА можно определить с использованием градиента и его компонентов:

$$\text{grad } S = \frac{\partial S}{\partial G_{\text{отн}}} \cdot \vec{e}_G + \frac{\partial S}{\partial N_{\text{отн}}} \cdot \vec{e}_{N_d}, \quad (1)$$

где $G_{\text{отн}}$ – относительное изменение веса трактора;
 $N_{\text{отн}}$ – относительное изменение мощности тракторного двигателя:

$$G_{\text{отн}} = \frac{\Delta G}{\max(G)}; \quad N_{\text{отн}} = \frac{\Delta N}{\max(N)}. \quad (2)$$

Угол направления вектора-градиента определяется соотношением:

$$\varphi = \text{arctg} \left(\frac{\frac{\partial S}{\partial N_{\text{отн}}}}{\frac{\partial S}{\partial G_{\text{отн}}}} \right). \quad (3)$$

Построение поля градиентов и его компонентов по переменным G и N позволяет выявить области рационального изменения параметров трактора. Учитывая, что изменение параметров существующих тракторов в относительных величинах невелико, то целесообразным представляется двигаться при модернизации вдоль вектора-градиента производительности.

Анализ результатов исследования. На основании поля градиентов производительности на примере тракторов ХТЗ-150К-09 и ХТЗ-17221, были построены траектории их модернизации.

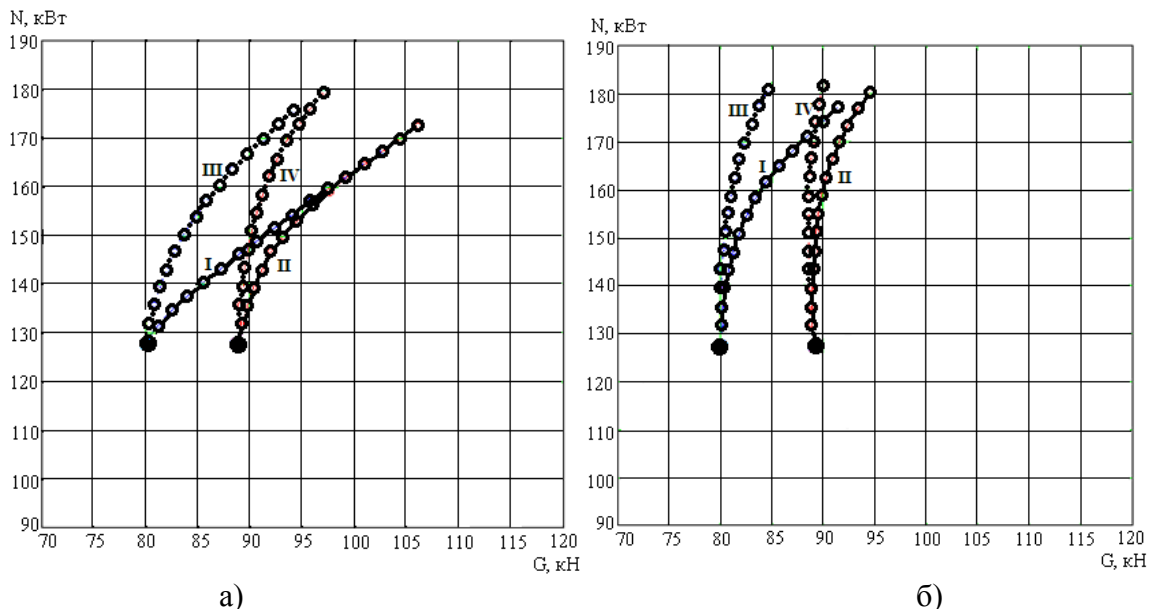


Рисунок 1 – Траектории модернизации тракторов ХТЗ-150К-09 и ХТЗ-17221 в соответствии с полем градиентов на первой и второй передаче:
 а – на первой передаче с передаточным числом 59,347; б – на второй передаче с передаточным числом 50,199

На рисунке 1 представлены траектории модернизации тракторов на первой и на второй передаче. Кривая **I** соответствует траектории модернизации трактора ХТЗ-150К-09 с шинами 21,3 R24, кривая **II** - трактору ХТЗ-17221 с шинами 21,3 R24. Полученные кривые сходятся в одну линию, которая характеризует потенциальные возможности ходовой системы трактора, а именно шин. Траектория **III** соответствует трактору ХТЗ-150К-09 с шинами 23,1 R26, а кривая **IV** - трактору ХТЗ-17221 с шинами 23,1 R26. Изменение типоразмера шин оказывает существенное влияние на траекторию модернизации трактора. Для получения максимального приращения производительности необходимо варьировать параметрами мощности двигателя и веса трактора по предложенным траекториям.

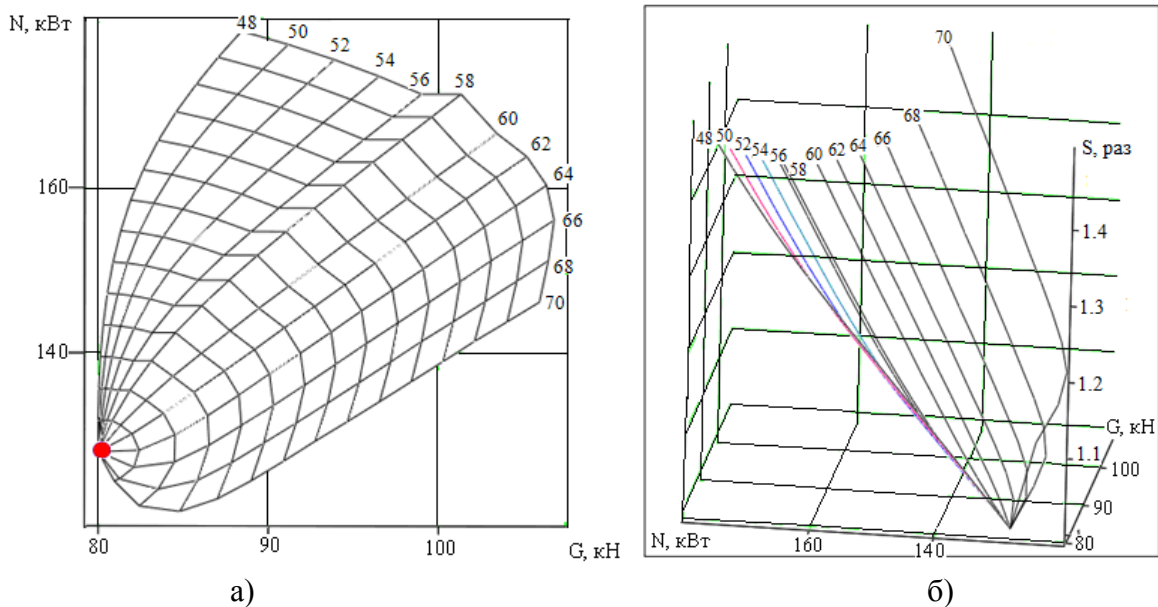


Рисунок 2 – Траектории модернизации трактора ХТЗ-150К-09 по передаточным числам:

а - траекторий модернизации в координатах $G-N$; б- траектории модернизации в пространстве

Так как траектории модернизации тракторов на разных передачах отличны, то представляет интерес анализ траекторий модернизации при варьировании передаточным числом. В качестве примера рассмотрим следующий ряд передаточных чисел 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70 для трактора ХТЗ-150К-09 с шинами 21,3 R24. На рис. 2 приведены траектории модернизации трактора в указанном диапазоне передаточных чисел.

На рис. 2.б представлены траектории в пространстве с указанием приращения производительности ΔS . Учитывая, что технико-экономические показатели МТА включают в себя комплекс параметров, были построены поверхности их изменения при выбранном способе модернизации трактора.

Поверхности для каждого параметра в отдельности приведены на рис. 3-5.

На рис. 3.а представлена поверхность производительности, где показаны области, соответствующие значениям приращения производительности. Для трактора ХТЗ-150К-09 можно достичь максимального прироста производительности, при передаточном числе 48, при этом энергонасыщенность такого трактора будет составлять примерно 2 кВт/кН. Также максимального прироста производительности можно достичь при передаточном числе 70, где энергонасыщенность составляет около

1,4 кВт/кН. Однак необхідно проаналізувати як впливає варіювання передаточним числом і модернізація на інші параметри.

Також не варто забувати про буксування колес, яке обмежується. На рис. 3.б представлена поверхня буксування колес, по якій можна зробити висновок, що передаточне число для даного трактора повинно бути не більше 56 інакше в протилежному випадку виникає буксування, яке в свою чергу перевищує допустиме значення в 15%. Ця поверхня має рівну область, при якій буксування колес буде становити приблизно 20% незалежно від того яке буде передаточне число.

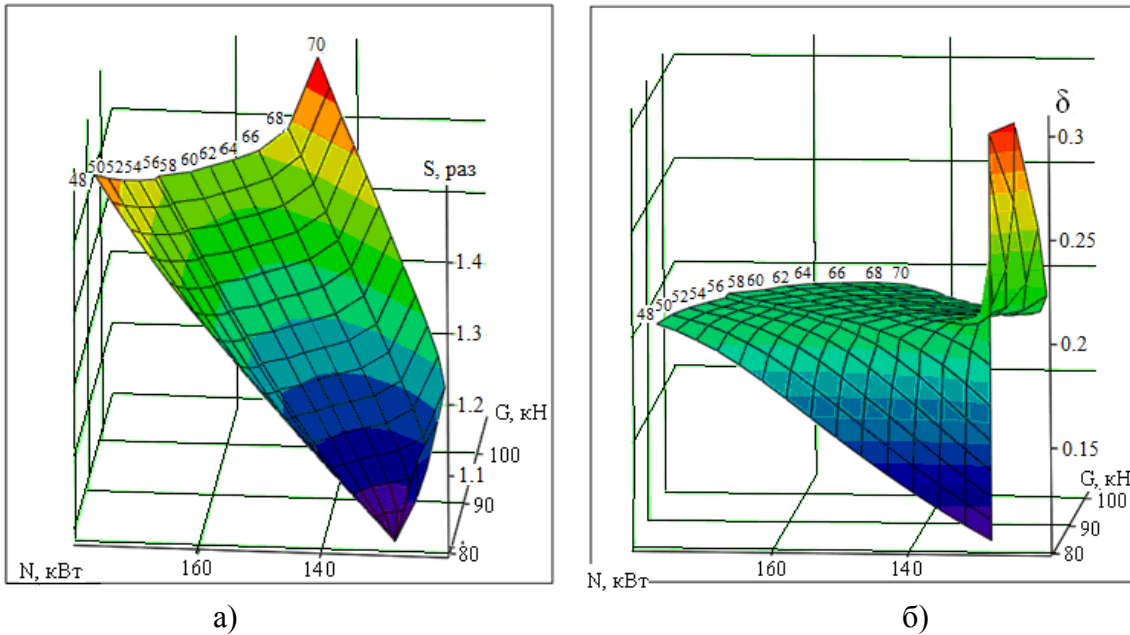


Рисунок 3 – Поверхності параметрів трактора ХТЗ-150К-09

а – поверхність підвищення продуктивності; б – поверхність буксування колес.

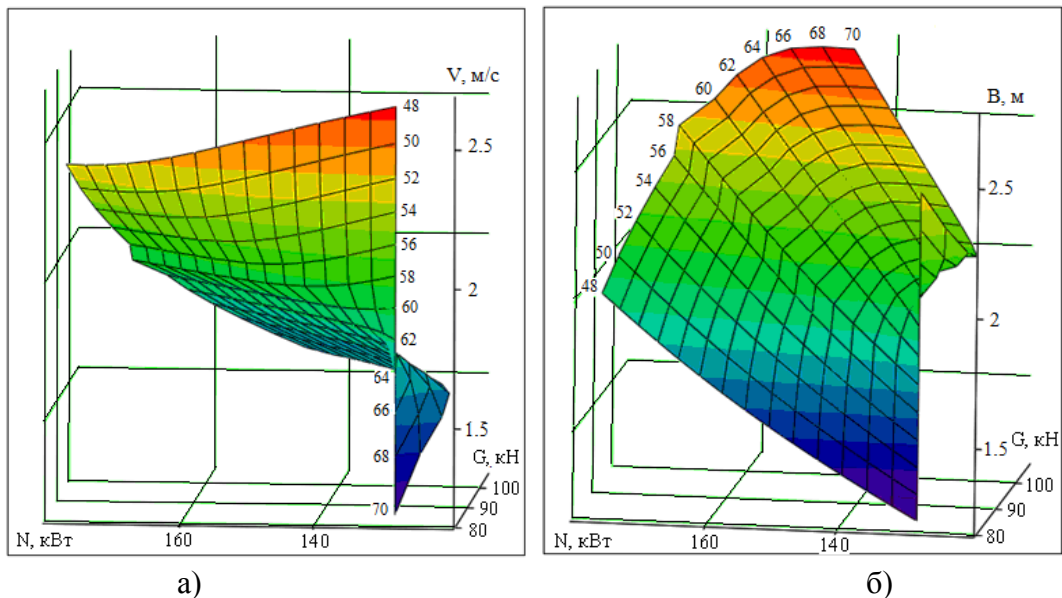


Рисунок 4 – Поверхності параметрів трактора ХТЗ-150К-09

а – поверхність швидкості трактора; б – поверхність ширини захопту плуга

Данная поверхности не только позволяет определить какое будет буксование колес при модернизации трактора, а также дает возможность определить его при стандартной комплектации трактора ХТЗ-150К-09 на первой передаче, при передаточном числе 59,347, где буксование составляет около 18%.

Как известно, трактор необходимо использовать на вспашке со скоростью от 1,7 до 3 м/с. Этот диапазон скоростей является агротехнически необходимым. Поэтому представляется возможным определить какова будет скорость трактора на вспашке при модернизации. Если варьировать передаточным числом (рис. 4.а) необходимая скорость для базового трактора достигается только при передаточном числе менее 64.

Передаточное число также влияет на ширину захвата плуга, которое является одним из важных показателей (рис. 4.б). Ширина захвата плуга находится в диапазоне от 1 до 2,5 м. При базовом передаточном числе 59,347 ширина захвата плуга составляет примерно 1,8 м.

На рис. 5 приведены поверхности погектарного расхода топлива и стоимости вспашки.

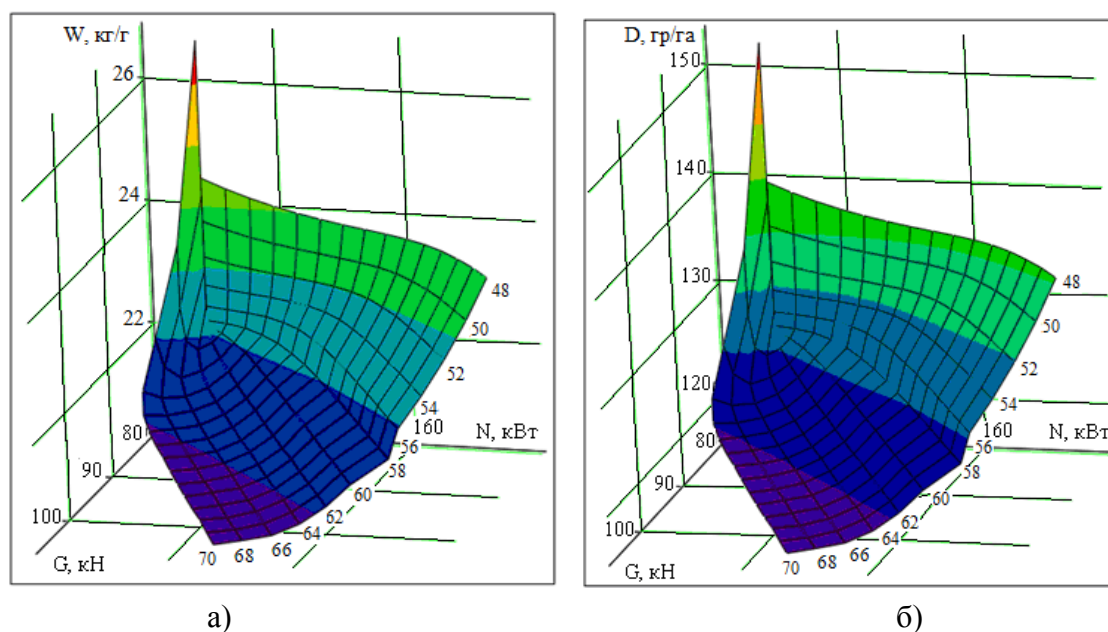


Рисунок 5 – Поверхности параметров трактора ХТЗ-150К-09

а – поверхность погектарного расхода топлива; б – поверхность стоимости вспашки.

Анализ поверхностей (рис. 5.а,б) показал, что если модернизировать трактор по траекториям, которые соответствуют передаточным числам 48-52, погектарный расход топлива будут составлять примерно 23-24 кг/ч, а стоимость вспашки 130-140 грн/га, а если модернизировать при передаточных числах 62-66, то можно достичь расход топлива примерно 21 кг/ч и затраты около 120 грн/га. При этом необходимо увеличить мощность двигателя до 155 кВт и вес трактора до 102,5 кН, чтобы превысить минимально допустимую скорость 1,7 м/с.

Анализ показывает, что при повышении передаточного числа до 70 при базовой мощности двигателя и весе трактора, буксование колес будет составлять 30% (см. рис. 3.б), что приведет к расходу топлива 27 кг/ч и стоимости обработки 152 грн/га.

Удобно рассматривать параметры модернизации трактора на совмещенной топологической карте со всеми рассматриваемыми параметрами (рис. 6).

Рассмотрим модернизацию трактора ХТЗ-150К-09 с точки зрения получения максимального приращения производительности. Анализируя рис. 6 можно сделать вывод, что максимальный прирост производительности трактора, который можно получить при модернизации составляет от 1,35 до 1,4 раза. Возможны два способа повышения производительности: в первом необходимо увеличить мощность двигателя до 175 кВт, а вес трактора изменить до 92 кН (энергонасыщенность 1,9 кВт/кН), (рис. 6 точка А). С такими параметрами приращение производительность трактора составит 1,4 раза, буксование колес - 20%, погектарный расход топлива 23 кг/ч, стоимость обработки будет составлять 132 грн/га, скорость трактора около 2,2 м/с, ширина плуга 2,1 м, передаточное число трансмиссии 51.

При втором способе необходимо в большей степени увеличивать вес трактора чем мощность двигателя. Вес трактора должен быть 105 кН, а мощность двигателя 162 кВт (энергонасыщенность 1,55 кВт/кН), (рис. 6 точка Б). В этом случае прирост производительность трактора составит около 1,35, погектарный расход топлива уменьшится до 21 кг/ч, буксование колес будет 20%, скорость трактора составит 1,8 м/с, стоимость обработки не будет превышать 120 грн/га, ширина плуга составит примерно 2,65 м, а передаточное число трансмиссии необходимо изменить до значения 62.

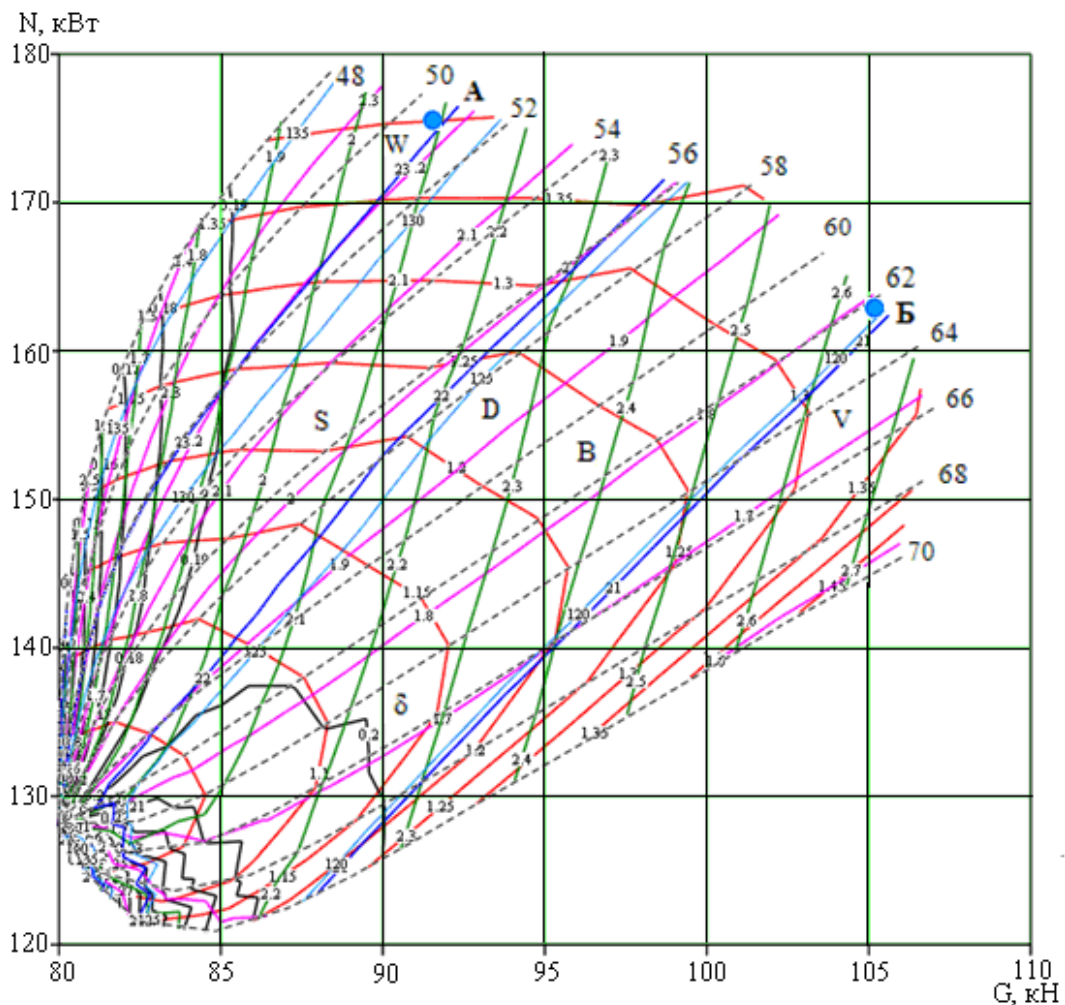


Рисунок 6 – Совмещенная топология параметров модернизации трактора ХТЗ-150К-09

Вариант **Б** более предпочтительный так как прирост производительности незначительно отличается от варианта **А**, в то время как погектарный расход топлива можно уменьшить на 2 кг/ч, что повлечет за собой снижение стоимости вспашки.

Также существуют зоны, в которых, при изменении веса трактора приращение производительности меняться не будет, но при этом возможно снижение погектарного расхода топлива при увеличении веса, а соответственно и стоимости вспашки. При передаточном числе 52 - 58 производительность (рис. 6) приблизительно постоянная, поэтому варьируя весом можно уменьшить расход топлива.

Выводы

1. Предложенная методика позволяет определять не только технико-экономические показатели (ТЭП) рассмотренного трактора при модернизации, а также дает возможность по предложенным поверхностям определять ТЭП любой модели трактора с любыми шинами, для определения целесообразной модернизации трактора.
2. Производительность агрегата в зависимости от веса трактора и мощности его двигателя представляет собой выпуклую поверхность, причем для каждого передаточного числа трансмиссии существует своя поверхность производительности.
3. Повышение производительности трактора ХТЗ-150К-09 возможно при соответствующей совместной корректировке веса трактора и мощности двигателя рациональным способом при использовании градиента производительности.
4. Трактор ХТЗ-150К-09 может иметь производительность в 1,4 раза больше в сравнении с базовой моделью при повышении веса до 92...93 кН и мощности до 175 кВт (энергонасыщенность 1,9 кВт/кН). При этом буксование на шинах 21,3R24 19...20%, передаточное число трансмиссии 50...52, скорость 2,1...2,3 м/с, расход топлива 23 кг/га и стоимость обработки 132 грн/га. Возможен также вариант повышения производительности в 1,35 раза при весе 105 кН, мощности 160...165 кВт (энергонасыщенность 1,55 кВт/кН), буксовании 19...20%, передаточном числе 62, скорости 1,8 м/с, расходе топлива 21 кг/га и стоимости обработки 120 грн/га.

Список литературы: 1. Самсонов В.А. / Расчет граничных значений основных показателей трактора. Тракторы и сельскохозяйственные машины. -2008. № 1. –с. 27-29. 2. Самсонов В.А. / Определение основных показателей трактора. Тракторы и сельскохозяйственные машины. -2007. № 9. –с. 18-21. 3. Самсонов В.А. / Оценка эффективности и сравнение тракторов при проектировании и модернизации. Тракторы и сельскохозяйственные машины. -2006. № 3. –с. 11-16. 4. Самородов В.Б. Ребров А.Ю. / Развитие классических методов тягового расчета трактора с учетом основных технико-экономических показателей МТА. Вісник НТУ "ХП". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Автомобіле- і тракторобудування. – Харків: НТУ "ХП". – 2008. № 12. – С. 88–91.