

18. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ КРАУДФАРМИНГА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО АГРОБИЗНЕСА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Глебов А.Е., студент гр.372303

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Ефремов А.А. – канд. экон. наук, доцент каф. ЭИ

Аннотация. В данной работе рассмотрено влияние цифровых крауд-платформ (краудфарминга) на финансово-экономическую устойчивость аграрных предприятий Республики Беларусь, исследуемое на примере ОАО «Фирма “Кадино”». Используются экономико-математические методы, включающие векторную авторегрессию (VAR), прогнозирование временных рядов и сценарное моделирование, позволяющие оценить эффект краудинвестиций на ключевые показатели (выручку, затраты и чистую прибыль). Полученные результаты подтверждают, что внедрение краудфинансирования способствует ускорению модернизации, снижению долговой нагрузки и росту рентабельности. Исследование иллюстрирует потенциальную эффективность и целесообразность масштабирования краудфарминга в аграрном секторе Республики Беларусь, особенно при ограниченных традиционных каналах кредитования и волатильной конъюнктуре рынка.

Ключевые слова. Краудфарминг, краудфинансирование, агробизнес, экономико-математическое моделирование, векторная авторегрессия, сценарный анализ, устойчивое развитие, инвестиционная активность, РБ, сельскохозяйственное производство.

Малые и средние аграрные предприятия Республики Беларусь сталкиваются с вызовами обеспечения финансовой устойчивости и развития в современных условиях. Традиционные источники инвестиций: кредиты и госпрограммы, часто недостаточны либо затруднены, поэтому возникают новые подходы привлечения средств. Цифровизация агропромышленного комплекса (АПК) предлагает инструменты для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства за счет информационных технологий. Одним из таких инструментов является краудфандинг в сельском хозяйстве или «краудфарминг», подразумевающий коллективное финансирование агропроектов через цифровые платформы [1].

Краудфандинг (crowdfunding) – механизм коллективного финансирования проектов за счет множества малых вкладов от заинтересованных лиц, как правило через интернет-платформу. В аграрной сфере краудфандинг часто называют *краудфармингом*, акцентируя ориентацию на фермерские проекты. По сути, краудфарминг – это применение краудфандинговых моделей для привлечения инвестиций в сельское хозяйство, фермерские хозяйства, агростартапы.

Беларусь активно внедряет инновации в агросектор и стремится создавать благоприятные условия для цифровизации. В стратегических документах (например, Национальная стратегия устойчивого развития до 2030 г., Госпрограмма «Аграрный бизнес» на 2021–2025 гг.) закреплена роль информационно-коммуникационных технологий в АПК. Внедрение цифровых платформ для финансирования – логичный шаг в этом направлении [2].

Анализ влияния крауд-платформ на устойчивость бизнеса требует комплексного подхода, включающего как структурные (эконометрические) модели, так и сценарные методы. Векторные авторегрессионные модели (Vector Autoregression, VAR) позволяют учесть динамическую взаимосвязь основных финансово-экономических показателей, а алгоритмы прогнозирования временных рядов — экстраполировать тренды ключевых метрик (выручки, расходов, прибыли и др.). Вместе с тем полноценная реализация VAR требует протяжённого временного ряда, что в условиях ограниченных данных усложняет статистическую оценку параметров. Поэтому в работе наряду с формальными методами используется качественное сценарное моделирование, позволяющее варьировать гипотезы об эффекте краудфарминга.

Векторная авторегрессия порядка p ($VAR(p)$) представляет собой систему уравнений, в которой каждая эндогенная переменная зависит от собственных лагов и лагов других эндогенных переменных. Пусть для упрощения рассмотрим двумерный случай с переменными:

- $X(t)$ объём инвестиций, включая крауд-инвестиции;
- $Y(t)$ показатель эффективности, напр. прибыль).

Тогда ($VAR(p)$) модель может быть записана в следующем виде [3]:

$$\begin{cases} X(t) = a_0 + \sum_{k=1}^p (a_{1k}X_{t-k} + a_{2k}Y_{t-k}) + \varepsilon_t^X \\ Y(t) = b_0 + \sum_{k=1}^p (b_{1k}X_{t-k} + b_{2k}Y_{t-k}) + \varepsilon_t^Y \end{cases} \quad (1)$$

где:

- a_0, b_0 – свободные члены (константы);
- a_{ik}, b_{ik} – коэффициенты реакции соответствующих переменных на собственные лаги и лаги других переменных;
- $\varepsilon_t^X, \varepsilon_t^Y$ – случайные ошибки (шоки), которые предполагаются белым шумом (с нулевым средним и конечной дисперсией);
- p – порядок VAR-модели, который выбирается по критериям информационного типа (AIC, BIC и др.)

Чтобы корректно оценить параметры VAR, необходимы три условия. Стационарность рядов означает отсутствие единичного корня или приведение данных к стационарному виду, иначе может возникать «ложная регрессия». Достаточная длина выборки (не менее 40–50 наблюдений) обеспечивает устойчивость оценки при большом числе лагов. Отсутствие серьёзной мультиколлинеарности даёт возможность корректно определять коэффициенты. В агропромышленном секторе часто имеются лишь короткие ряды, поэтому полноценное применение VAR затруднено, но метод полезен для анализа «шоков» (например, краудинвестиций) и их влияния на другие показатели. Помимо самих коэффициентов, значимую роль играют импульсные отклики (IRF), которые показывают реакцию переменной $Y(t)$ на шок в $X(t)$, и разложение дисперсии ошибки (FEVD), позволяющее судить о том, насколько колебания $Y(t)$ зависят от ошибок в $X(t)$. Это помогает понять, как и с какой скоростью краудфинансирование воздействует на динамику агробизнеса и через сколько периодов эффект может затухнуть или усиливаться.

Помимо VAR, в ряде ситуаций аналитики применяют более простые методы - экстраполяции временных рядов и сценарный анализ, когда необходимо быстро спрогнозировать динамику основных показателей (выручки, себестоимости, чистой прибыли, рентабельности и т. д.). В экстраполяции нередко пользуются линейными или полиномиальными моделями, где искомая переменная $\hat{y}(t)$ выражается через параметры, оценённые на исторических данных. Линейная регрессия задаётся уравнением:

$$\hat{y}(t) = a + bt \quad (2)$$

,где a и b находятся методом наименьших квадратов. Если требуются более гибкие аппроксимации, используют полиномиальные модели, например:

$$\hat{y}(t) = \gamma_0 + \gamma_1 t + \gamma_2 t^2 + \gamma_3 t^3 \quad (3)$$

,что помогает учесть нелинейные тренды или скачкообразные изменения. В некоторых задачах включают методы сглаживания, такие как экспоненциальное сглаживание

$$\widehat{y}_{t+1} = a y_t + (1 - a) \hat{y}_t \quad (4)$$

,где a выбирается так, чтобы оптимально отражать актуальные изменения ряда. При скромном числе наблюдений эти подходы сохраняют простоту, но могут игнорировать резкие сдвиги в экономике или влияние других переменных.

Чтобы улучшить качество прогноза, используют сценарный анализ. В базовом варианте предприятие развивается без краудфинансирования, а в альтернативном появляется дополнительный капитал I_t^{crowd} , который повышает выручку $\hat{R}_t^{crowd}$ и снижает затраты на обслуживание кредита.

Например, если без краудсредств выручка описывается функцией $\hat{R}_t^{base}$, в сценарии с привлечением инвестиций можно задать

$$\hat{R}_t^{crowd} = \hat{R}_t^{base} + \Delta R_t(I_t^{crowd}) \quad (5)$$

,где ΔR_t отражает прирост дохода из-за увеличения производства. Если предприятие частично отказывается от банковских займов, тогда процентные платежи $Interest$ уменьшаются вплоть до нуля, что можно прописать через

$$Interest_t^{crowd} = Interest_t^{base} - \delta(I_t^{crowd}) \quad (6)$$

,где δ задаёт уменьшение расходов на кредитные ставки. Итоговые финансовые результаты по годам получают из систем уравнений, учитывающих приток или сокращение инвестиций, а также реакцию спроса на рост производства. Иногда дополняют этот подход стресс-тестами, проверяющими устойчивость к колебаниям цен на сырьё или изменениям макропоказателей.

Сценарное моделирование даёт шанс оценить, насколько краудфинансирование способно повысить прибыль или снизить долговую нагрузку. При необходимости добавляют интегральный показатель вроде

$$NPV_s = \sum_{t=1}^T \frac{CF_s(t)}{(1+r)^t} \quad (7)$$

,где $CF_s(t)$ денежный поток в сценарии , s, r — ставка дисконтирования, а T — горизонт планирования.

Сравнение NPV в разных сценариях показывает, какой вариант обеспечивает большее приростное значение капитала. Всё это в совокупности помогает принять решения о том, стоит ли агропредприятию переходить на крауд-платформы и как именно это скажется на долгосрочной устойчивости бизнеса.

Для практической иллюстрации влияния крауд-платформ на устойчивость бизнеса используется предприятие ОАО «Фирма «Кадино» в Могилевской области Республики Беларусь и специализирующееся на производстве сельскохозяйственной продукции. В таблице 1 приведены фактические финансовые показатели организации за период 2020–2024. В таблице 2 представлены рассчитанные по методам экстраполяции временных рядов и дополняемому сценарному моделированию ключевые финансово-экономические показатели предприятия.

В таблице 3 приведены прогнозные значения на 2025–2030 с применением механизма краудфарминга, позволяющий аккумулировать дополнительный инвестиционный ресурс за счёт широкого круга вкладчиков, взаимодействующих через цифровую крауд-платформу.[4]

Таблица 1 – Фактические финансовые показатели организации за период 2020–2024

	2020	2021	2022	2023	2024
Выручка от реализации продукции (тыс. руб.)	23050	24680	26310	27940	29570
Себестоимость реализованной продукции (тыс. руб.)	16920	18120	19320	20520	21720
Валовая прибыль (тыс. руб.)	6130	6560	6990	7420	7850
Коммерческие расходы (тыс. руб.)	750	800	850	900	950
Управленческие расходы (тыс. руб.)	1500	1600	1700	1800	1900
Операционная прибыль (тыс. руб.)	3880	4160	4440	4720	5000
Проценты к уплате (тыс. руб.)	400	420	440	460	480
Налоги на прибыль (тыс. руб.)	698,4	748,8	799,2	849,6	900
Чистая прибыль (тыс. руб.)	2781,6	2991,2	3200,8	3410,4	3620
Амортизация (тыс. руб.)	750	800	850	900	950

Таблица 2 – Прогнозные значения на 2025-2030 при отсутствии краудфарминга

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Выручка от реализации продукции (тыс. руб.)	23050	24640	26310	27940	29570	31200
Себестоимость реализованной продукции (тыс. руб.)	16920	18120	19320	20520	21720	22920
Валовая прибыль (тыс. руб.)	6130	6560	6990	7420	7850	8280
Коммерческие расходы (тыс. руб.)	750	800	850	900	950	1000
Управленческие расходы (тыс. руб.)	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Операционная прибыль (тыс. руб.)	3880	4160	4440	4720	5000	5280
Проценты к уплате (тыс. руб.)	400	420	440	460	480	500
Налоги на прибыль (тыс. руб.)	698,4	748,8	799,2	849,6	900	950,4
Чистая прибыль (тыс. руб.)	2781,6	2991,2	3200,8	3410,4	3620	3829,6
Амортизация (тыс. руб.)	750	800	850	900	950	1000

Таблица 3 – Прогнозные значения на 2025-2030 при наличии краудфарминга

	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Выручка от реализации продукции (тыс. руб.)	23450	25180	26910	28604	30346	32280
Себестоимость реализованной продукции (тыс. руб.)	16895	18088,75	19282,5	20478,5	21671,5	22852,5
Валовая прибыль (тыс. руб.)	6555	7091,25	7627,5	8125,5	8674,5	9427,5
Коммерческие расходы (тыс. руб.)	750	800	850	900	950	1000
Управленческие расходы (тыс. руб.)	1500	1600	1700	1800	1900	2000
Операционная прибыль (тыс. руб.)	4305	4691,25	5077,5	5425,5	5824,5	6427,5
Проценты к уплате (тыс. руб.)	400	420	440	460	480	500
Налоги на прибыль (тыс. руб.)	774,9	844,425	913,95	976,59	1048,41	1156,95
Чистая прибыль (тыс. руб.)	3130,1	3426,825	3723,55	3988,91	4296,09	4770,55
Дополнительные инвестиции от краудфарминга(тыс.руб.)	500	625	750	830	970	1350

На рисунке 1 сравнительным образом иллюстрируется динамика чистой прибыли предприятия в двух сценариях, в базовом (без привлечения краудинвестиций) и альтернативном (с использованием механизма краудфинансирования) в интервале 2020–2030 годов. Синий ряд демонстрирует прогноз при сохранении существующей структуры капитала (собственные и кредитные ресурсы), а красный ряд отражает результаты, достигаемые за счёт дополнительного привлечения средств частных инвесторов через крауд-платформы.



Рисунок 1 – Отношение прогнозируемой прибыли с и без краунфарминга

Анализ графических данных свидетельствует о том, что в базовом сценарии прирост чистой прибыли носит более умеренный характер, поскольку предприятие ограничено традиционными каналами финансирования. В сценарии с краудфинансированием траектория роста прибыльности располагается заметно выше начиная с 2025–2026 годов, причём к 2030 году итоговое значение в «крауд»-сценарии существенно превосходит соответствующий показатель базового варианта. Разрыв между двумя кривыми достигает порядка 900 тыс. руб., что указывает на значимый кумулятивный эффект дополнительного капитала, позволяющего предприятию активнее инвестировать в модернизацию производственных мощностей и снижать кредитную нагрузку путём замещения части банковских заимствований.

Превосходство крауд-сценария по уровню чистой прибыли может быть объяснено совокупным влиянием двух ключевых факторов. Во-первых, предприятие получает доступ к дополнительным финансовым вливаниям, что ускоряет темпы технологического обновления и расширяет ассортимент выпуска. Во-вторых, происходит оптимизация структуры обязательств за счёт уменьшения процентных выплат по банковским кредитам, когда часть долгов замещается краудсредствами. В результате интегральный эффект проявляется в повышении рентабельности, усилении конкурентных позиций и более благоприятном долгосрочном прогнозе финансовой стабильности.

Результаты сценарного анализа показывают, что введение крауд-платформы может оказать значимый положительный эффект как на выручку и прибыль, так и на общее финансовое «здоровье» фирмы, в частности, за счёт снижения кредитной нагрузки. Таким образом, краудфарминг рассматривается как перспективный механизм финансирования, способный не только повысить ликвидность и инвестиционную привлекательность агропредприятия, но и укрепить его устойчивость перед волатильностью рыночных условий.

Список использованных источников:

- [1] Кузьмич А.П. Малое и среднее предпринимательство Республики Беларусь: современное состояние и тенденции развития // Вестник факультета бизнеса и права БГСХА. – 2021. – Вып. 2. – С. 3–11.
- [2] Журавлёв В. Цифровизация сельского хозяйства в Республике Беларусь: технологические решения для развития // Аграрная экономика. – 2024. – №3. – С. 6–7
- [3] Филимонова Н.Г., Озерова М.Г., Ермакова И.Н. Особенности применения краудфандинговой модели финансирования в сельском хозяйстве // Финансы и кредит. – 2017. – Т. 23, № 42 (2). – С. 12–15.
- [4] Сельскохозяйственная торговая площадка: ОАО "ФИРМА "КАДИНО" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agropk.by/com/companies/5677cf99693b4/>. – Дата доступа: 8.04.2024.