



### Выводы

Можно подвести итог, что беспилотные летательные аппараты являются неотъемлемой частью робототехники и автоматизации, а по эксплуатации в отраслях промышленности занимают свою нишу. Как факт, на продуктивность и на качество работы БПЛА влияет его система автоматизации, а именно алгоритмы управления и точность контрольно-измерительных приборов. Также, следует обратить внимание на тип БПЛА и сферу его применения.

### Литература

- [1] Ключникова Н.А. Дроны в агросекторе: способы применения / интернет журнал AgroPortal, 2017.
- [2] Ратушняк В.С. Взлет: беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве / электронный журнал «Агропрактик», 2016.
- [3] Богословский С.В., Дорофеев А.Д. Динамика полёта летающих аппаратов, учебное пособие, Санкт-Петербург 2002.
- [4] Гурьянов А.Е. Моделирование управления квадрокоптером / электронный научно-технический журнал «Инженерный вестник», Россия. МГТУ им. Баумана, 2014.

### References

- [1] Kluchnikova N.A. *Droni v agrosektore: sposobi primeneniya*, internet journal AgroPortal, 2017.
- [2] Ratushnyak V.S. *Vzlet: bespilotnie letatel'nie apparati v sel'skom hoziastve*, electronic journal Agropactic, 2016.
- [3] Bogoslovsky S.V., Dorofeev A.D. *Dynamica pol'ota letaiushih apparatov*, textbook, St. Petersburg 2002.
- [4] Guryanov A.E. *Modelirovanie upravleniem quadcoptera*, electronic scientific and technical journal "Engineering Bulletin", Russia. MSTU them. Bauman, 2014.

УДК [621.867.3:622.612]:658.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АСОЗ ПТЛ НА МОРСКОМ ЗЕРНОВОМ ТЕРМИНАЛЕ В Г. НИКОЛАЕВЕ

И.Н. Кирязов<sup>1</sup>, С.В. Шестопапов<sup>2</sup>, М.Т. Степанов<sup>3</sup>, В.А. Хобин<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> SE Group International, Одесса, Украина

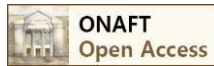
<sup>3,4</sup> Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

E-mail: <sup>1</sup> ivan.kiryazov@se.ua, <sup>2</sup> stanislav.shestopalov@se.ua, <sup>3</sup> stepanov197818@gmail.com, <sup>4</sup> khobin@onaft.edu.ua

Copyright © 2017 by author and the journal "Automation technological and business - processes".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



DOI: [10.15673/atbp.v10i4.822](https://doi.org/10.15673/atbp.v10i4.822)

*Аннотация:* В статье рассматриваются результаты функционирования в производственных условиях автоматизированной системы оптимизации загрузки (АСОЗ) зерном элеватора. Система предназначена для формирования потока зерна одновременно из нескольких источников, повышения производительности, снижения энергозатрат на перегрузку, предотвращения аварийных ситуаций, связанных с завалами зерна в баюмаках норий и надвесовом бункере весов из-за перегрузки. Программное обеспечение системы интегрировано в программное обеспечение автоматизированной системы управления технологическими процессами элеватора и позволяет оператору задавать компоненты потока отгружаемого зерна и начальной производительности поточно-транспортных линий (ПТЛ), осуществлять выбор режима управления загрузкой ПТЛ и выбор режима задания производительности ПТЛ в текущей технологической ситуации, контролировать функционирование АСОЗ. Результаты сравнительного анализа эффективности управления загрузкой при погрузке судов оператором «вручную» и с использованием автоматизированной системы оптимизации загрузки, проведенные в 2016/17 годах,



показали следующее: – среднее время отгрузки на судно с учетом простоев уменьшилось на 27%; – средняя производительность отгрузки без учета простоев увеличилась на 10%.

**Abstract:** *In the article the results of functioning in the production conditions of the automated loading optimization system (ALOS) grain of the elevator are considered. The system is designed to generate grain flow simultaneously from several sources, increase productivity, reduce energy consumption for reloading, prevent emergency situations associated with grain debris in the boots of norias and the overhead scales of the scales due to overload. The software of the system is integrated into the software of the automated process control system of the elevator and allows the operator to specify the components of the grain flow and the initial productivity of the flow-transport lines (FTL), select the FTL load control mode and select the FTL productivity setting mode in the current process situation, control the functioning of the ALOS. The results of a comparative analysis of the efficiency of load management during the loading of vessels by the operator "manually" and using an automated loading optimization system, conducted in 2016/17, showed the following: - the average time of shipment to the ship, including idle time, decreased by 27%; - the average shipping performance without any downtime increased by 10%.*

**Ключевые слова:** перегрузка зерна, поточно-транспортные линии, производительность, энергозатраты, автоматизированная система оптимизации загрузки.

**Keywords:** grain reloading, flow-transport lines, productivity, energy consumption, automated loading optimization system.

### Постановка задачи.

Компания S-engineering входящая в холдинг SE Group International занимает лидирующие позиции в области автоматизации технологических процессов зерноперерабатывающей отрасли включая в свои проекты инновационные разработки. В частности компания занимается разработкой инновационных систем автоматической оптимизации загрузки ПТЛ зерновых терминалов. Целью таких систем является повышение производительности и предотвращение аварийных остановов ПТЛ, снижение удельных затрат электрической энергии на перегрузку. В [1-3] рассмотрены концепция построения, результаты исследований и производственных испытаний таких систем. Разработка системы включает несколько этапов основным из которых является этап исследования функционирования системы в производственных условиях. На этом этапе тестируются реализованные алгоритмы управления, окончательно проверяется работа программного обеспечения, рассчитываются значения основных технико-экономических показателей работы ПТЛ и определяется эффект от внедрения АСОЗ.

Настоящая статья посвящена результатам исследования эффективности функционирования АСОЗ ПТЛ на морском зерновом терминале компании Cofco Agri Ukraine в г. Николаев.

### Назначение и функции АСОЗ

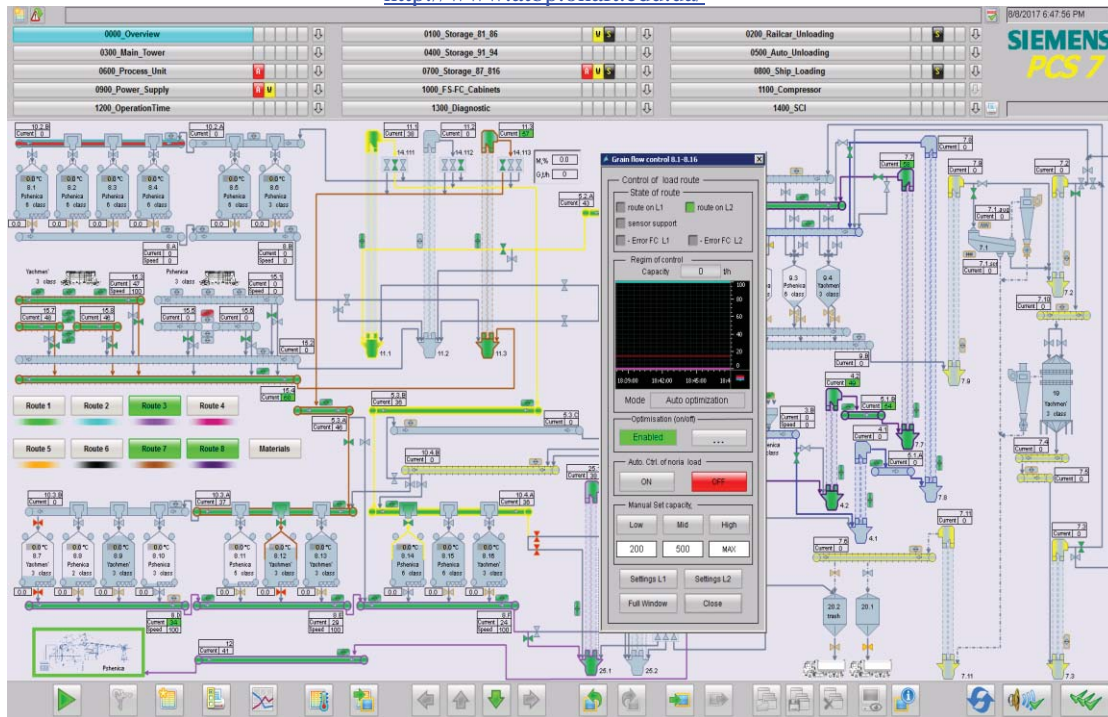
АСОЗ ПТЛ перегрузки зерна, внедренная на зерновом терминале компании Cofco Agri Ukraine (рис. 1) является инновационной разработкой. Ее цель – формирование потока зерна одновременно из нескольких источников, повышение производительности ПТЛ, снижение энергозатрат на перегрузку, предотвращение аварийных ситуаций, связанных с завалами зерна в башмаках норий и надвесовом бункере весов из-за перегрузки ПТЛ. АСОЗ реализует технологии Leffol & Senumac (L&S), запатентованные SE Group International [4–5].

Технология LEFFOL: способ контроля степени загрузки конвейера / Method of **L**oading **E**fficiency **C**ontrol. Суть технологии - повышение точности измерения загрузки любых типов конвейеров продуктом в процессе его транспортировки без использования специализированных датчиков, только за счет измерения тока нагрузки приводного электродвигателя.

Технология SENUMAC: способ автоматического управления загрузкой поточно-транспортных линий сыпучих материалов / **S**-engineering **U**seful Model Method of **A**utomatic **C**ontrol of Process Shipping line upload of granular materials. Суть технологии – автоматическое управление загрузкой поточно-транспортной линии, позволяющее обеспечивать максимально возможную производительность линии, близкую к критической, при которой начинается процесс развития завалов зерна в ее нории и/или в проточных весах. При этом алгоритм управления гарантирует предотвращение этих завалов.

Функции, реализуемые АСОЗ.

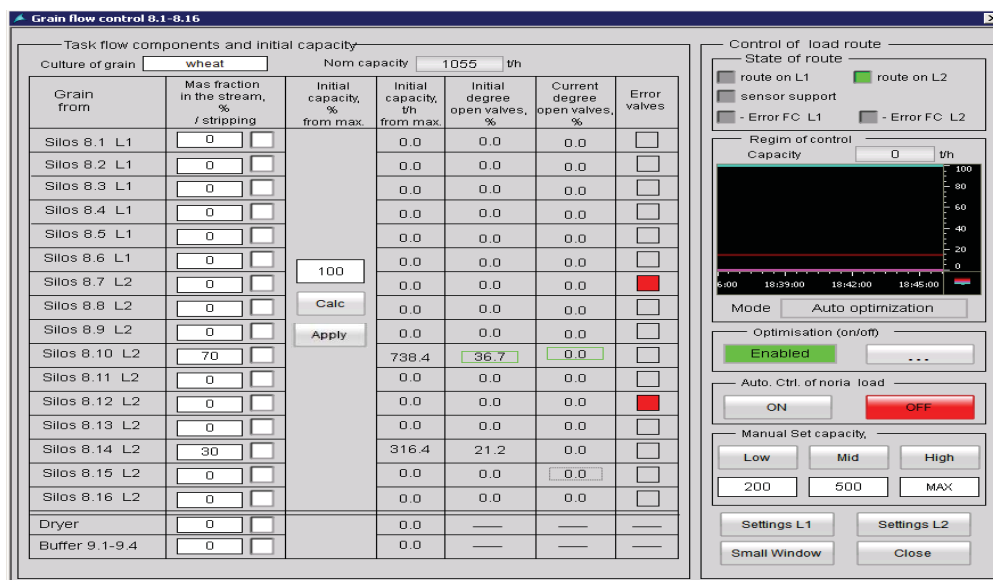
1. Автоматический расчет степени открытия задвижек по заданному соотношению расходов зерна из заданных силосов в его общий поток на отгрузку.
2. Автоматическая стабилизация производительности общего потока зерна (загрузки ПТЛ).
3. Автоматическое предотвращение аварийных остановов ПТЛ из-за развития завалов зерна в башмаках норий и надвесовом бункере весов (при ограничении производительности весов установленным положением задвижки подвесового бункера).
4. Автоматический вывод производительности ПТЛ на максимально достижимую в текущих условиях величину.
5. Автоматическое быстрое (после команды оператора, вызванной необходимостью изменить режим загрузки судна) изменение производительности ПТЛ до одного из двух заданных сниженных уровней и возврат в режим ее оптимизации.



**Рис. 1 – Вид основного экрана автоматизированного рабочего места оператора на зерновом терминале компании Cofco Agri Ukraine с фрагментом окна графического интерфейса для работы с АСОЗ элеватора**

Для взаимодействия оператора с АСОЗ предусмотрено окно графического интерфейса оператора центрального диспетчерского пункта, см. рис.2, которое предназначено для активации функций, необходимых для управления процессом отгрузки зерна в сложившейся производственной ситуации. Оно обеспечивает, на уровне диспетчерского управления, выполнение оператором его функций контроля и управления процессом перегрузки зерна. К функциям оператора при работе с АСОЗ ПТЛ относятся:

- а) выбор (задание) компонентов потока отгружаемого зерна и начальной производительности ПТЛ;
- б) выбор режима управления загрузкой ПТЛ и выбор режима задания производительности ПТЛ в текущей технологической ситуации;
- в) контроль за функционированием АСОЗ.



**Рис. 2 – Вид окна графического интерфейса оператора для его работы с АСОЗ**

- Окно имеет две функционально ориентированные части, выделенные специальной окантовкой с надписями:
- левая панель окна: «Task flow components and initial capacity» / «Выбор (задание) компонентов потока отгружаемого зерна и начальной производительности ПТЛ»;
- правая панель окна: «Control of load route» / «Управление загрузкой ПТЛ». «Управление загрузкой ПТЛ» является



обобщенным названием комплекса функций управления и контроля, а именно: выбора режимов управления загрузкой ПТЛ, задания производительности ПТЛ в текущей технологической ситуации и контроля за функционированием АСОЗ.

### Результаты производственных испытаний АСОЗ

Для оценки эффективности АСОЗ ПТЛ в 2016\2017 году был проведен сравнительный анализ эффективности управления загрузкой ПТЛ при погрузке судов оператором «вручную» (управление загрузкой ПТЛ оператор осуществлял со своего автоматизированного рабочего места) и с использованием АСОЗ. В каждом случае расчет технико-экономических показателей работы ПТЛ отгрузки зерна выполнялся по результатам отгрузки пяти судов. Ниже представлены несколько диаграмм изменения производительности ПТЛ при погрузке судов оператором «вручную» и с использованием АСОЗ, позволяющие визуально оценить динамику изменения производительности для этих двух вариантов управления.

На рис. 3 представлена диаграмма изменения производительности ПТЛ при загрузке зерна в судно №1 в «ручном» режиме. Из график видно, что отгрузка зерна велась в основном с низкой средней производительностью, при крайне неравномерном истечении зерна.

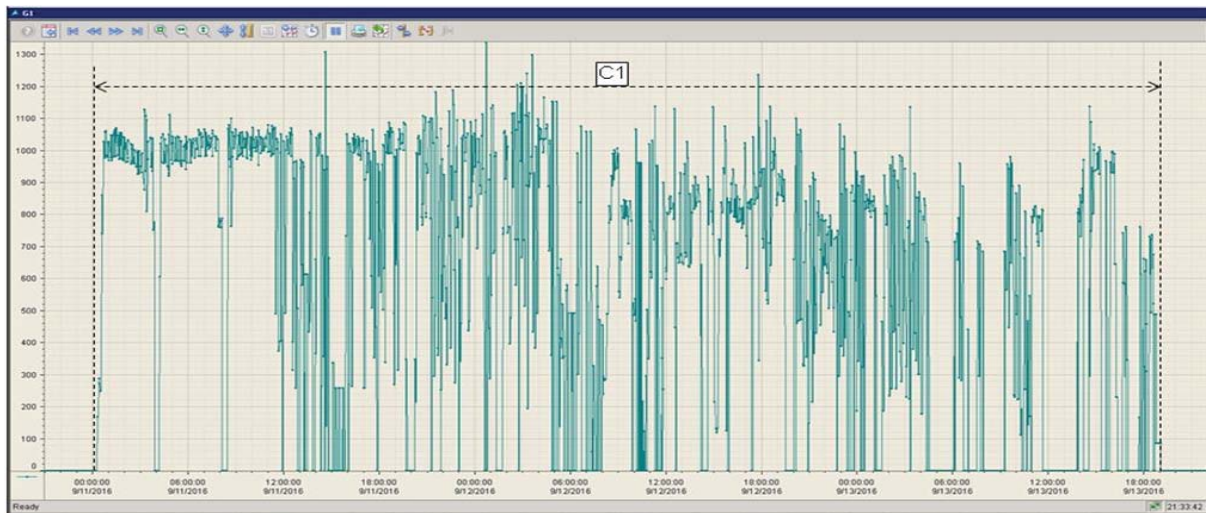


Рис. 3 – Вид окна с диаграммой изменения производительности (т/ч) ПТЛ при загрузке зерна в судно №1 в «ручном» режиме с 11.09.16 00:00 по 13.09.16 19:00

На рис. 4 представлена диаграмма изменения производительности ПТЛ при загрузке зерна в судно №3 из нескольких источников одновременно в «ручном» режиме. Видно что кроме начального этапа отгрузки оператор поддерживал производительность подальше от номинальных значений с частыми остановками оборудования, так как в ручном режиме на высоких производительностях при нескольких источниках подачи зерна, сложно обеспечить устойчивую работу оборудования без завалов ПТЛ.

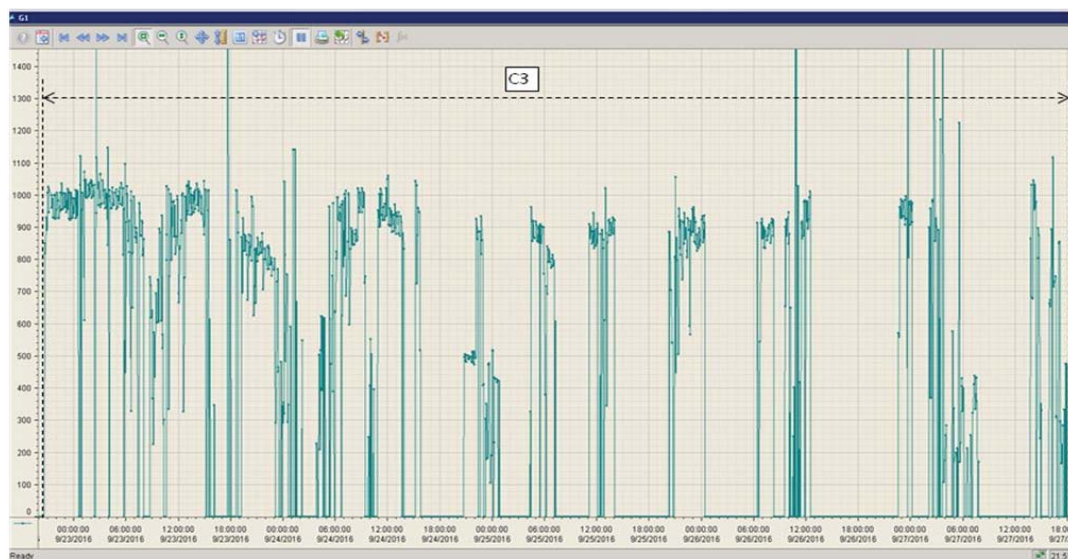


Рис. 4 – Вид окна с диаграммой изменения производительности (т/ч) ПТЛ при загрузке зерна в судно №3 в «ручном» режиме с 22.09.16, 20:35 по 27.09.16, 18:00



На рис. 5 представлена диаграмма изменения производительности ПТЛ уже под управлением АСОЗ в судно № 1. Средняя производительность достаточно высокая, значительно снизилась неравномерность истечения зерна, количество остановов меньше (остановы остались, в основном, технологические для перехода с трюма на трюм).

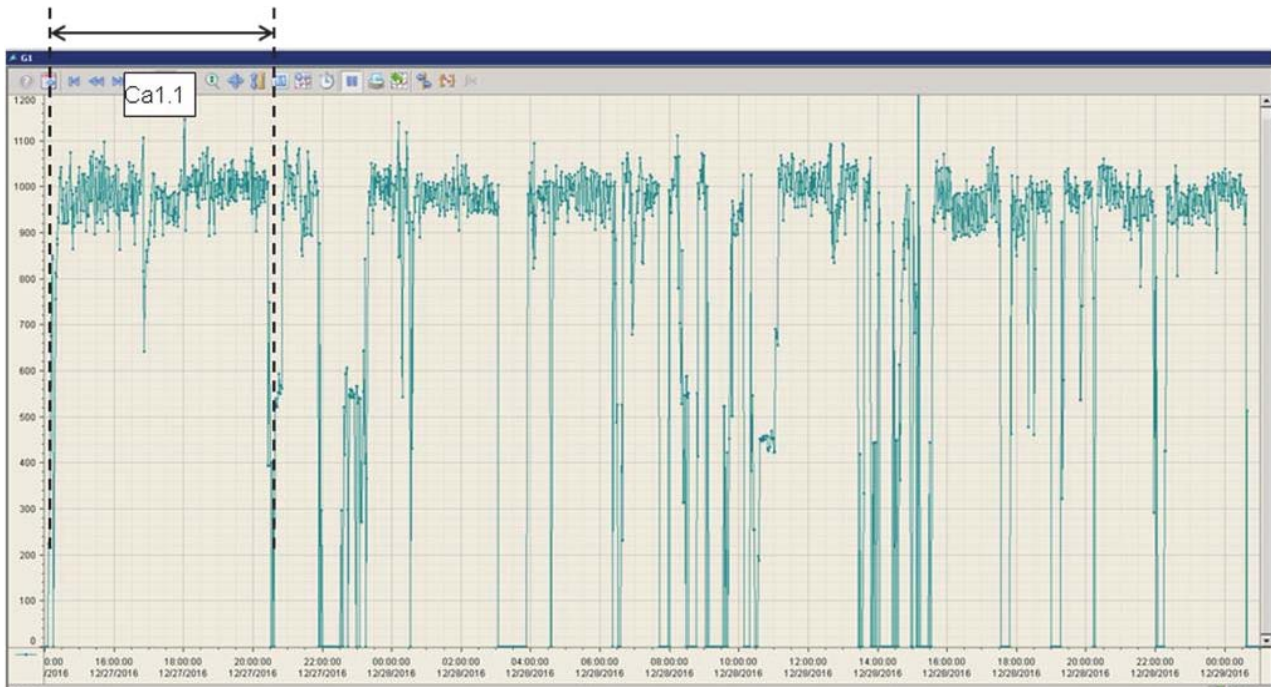
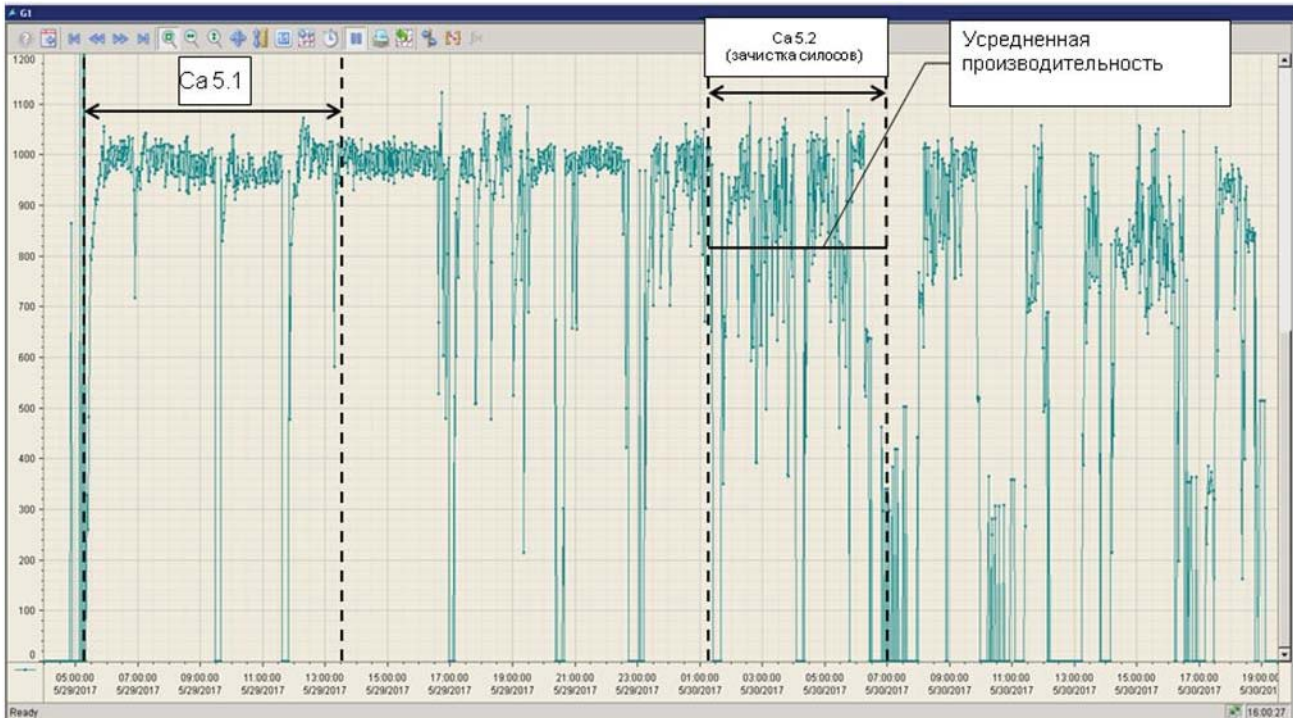


Рис. 5 – Вид окна с диаграммой изменения производительности ПТЛ при погрузке судна №1 в «автоматическом» режиме с 27.12.16 14:08 по 29.12.16 00:38 с выделенными фрагментом (Ca1.1) для анализа изменения производительности.

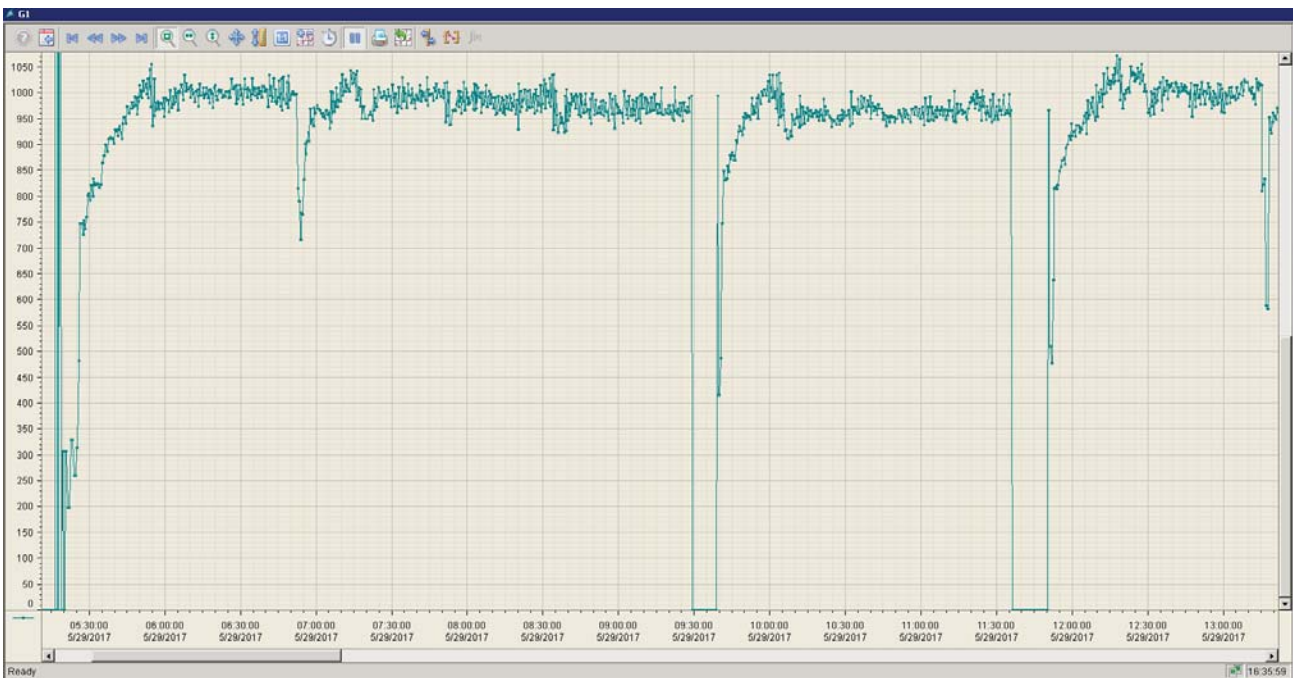


Рис. 6 – Фрагменты изменения производительности ПТЛ под управлением АСОЗ (Ca1.1), интервал времени 8 часов.

Фрагмент диаграммы (рис. 7) изменения производительности ПТЛ в условиях загрузки зерном судна №5, иллюстрирует реальную производственную ситуацию, когда оператор управлял процессом загрузки зерна в ПТЛ и с применением АСОЗ (время от начала диаграммы до момента начала зачистки силоса) и без нее (остальной отрезок времени диаграммы). Он дает возможность визуально оценить эффективность применения АСОЗ.



**Рис. 7 – Вид окна с диаграммой изменения производительности ПТЛ при погрузке судна №5 в «автоматическом» режиме с 29.05.17 04:51 по 30.05.17 19:07 с выделенными фрагментом (Ca5.1) для анализа изменения производительности**



**Рис. 8 – Фрагмент изменения производительности ПТЛ под управлением АСОЗ (Ca5.1), интервал времени 8 часов.**

Значения технико-экономических показателей при погрузке каждого из пяти судов оператором «вручную» и с использованием АСОЗ представлены в таблицах №1 и №2. А в таблице №3 представлены уже усредненные значения показатели эффективности «автоматического» (с использованием АСОЗ) управления загрузкой ПТЛ в сравнении с результатами «ручного» управления.

**Таблица 1 – Показатели эффективности «ручного» управления загрузкой ПТЛ при погрузке каждого из судов в период с 11.09.2016 по 13.10.2016**

№ судна	Дата и время отгрузки	Культура	Масса отгруженного зерна, тонн	Время отгрузки на судно, час		Средняя производительность отгрузки, тонн/час		Максимальная производительность отгрузки, тонн/час	Время выхода на максимальную производительность, мин		Общие затраты электроэнергии, кВт*ч	Удельные затраты электроэнергии, кВт*ч/тонн
				с простоями	без простоев	с простоями	без простоев		при первом пуске	последующие пуски		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	с 11.09.16 00:00 по 13.09.16 19:00	кукуруза	39767.7	66.7	51.1	596,2	778.2	1040	20	5	44818	1,13
2	с 15.09.16, 16:20 по 19.09.16, 22:40	кукуруза	42583.4	102.3	55.3	416.3	770.0	1050	25	7	60620	1,42
3	с 22.09.16, 20:35 по 27.09.16, 18:00	кукуруза	44771.1	117.4	57.2	381.4	782.7	1020	15	7	67415	1,51
4	с 06.10.16, 15:50 по 09.10.16, 03:47	кукуруза	26250.0	60.0	32.0	437.5	820.3	1010	33	3	52979	2,02
5	с 10.10.16, 20:50 по 13.10.16, 17:24	кукуруза	30591.0	68.6	34.5	446.0	886.7	1010	5	3	52173	1,71

**Таблица 2 – Показатели эффективности «автоматического» (с использованием АСОЗ на основе технологии L&S) управления загрузкой ПТЛ при погрузке каждого из судов в период с 27.12.2016 по 30.05.2017**

№ судна	Дата и время отгрузки	Культура	Масса отгруженного зерна, тонн	Время отгрузки на судно, час		Средняя производительность отгрузки, тонн/час		Максимальная производительность отгрузки, тонн/час	Время выхода на максимальную производительность, мин		Общие затраты электроэнергии, кВт*ч	Удельные затраты электроэнергии, кВт*ч/тонн
				с простоями	без простоев	с простоями	без простоев		при первом пуске	последующие пуски		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	с 27.12.16 14:08 по 29.12.16 00:38	кукуруза	26997.7	34.5	29.2	782.5	925	1020	5	2	42890	1.59



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	С 31.12.16 02:40 по 02.01.17 07:30	куку- руза	38194.0	52.8	44.7	723.4	855	1030	5	3	50576	1.32
3	С 26.04.17 14:00 по 28.04.17 00:13	куку- руза	26425.2	34.2	29.5 4	772.7	895	1030	5	3	33070	1.25
4	С 13.05.17 16:38 по 16.05.17 07:54	куку- руза	29200.0	63.3	32.6	461.3	896	1025	6	4	46890	1.61
5	29.05.17 04:51 по 30.05.17 19:07	куку- руза	27500	39.3	32	700	859	1030	6	4	32780	1.19

**Таблица 3 – Показатели эффективности «автоматического» (с использованием АСОЗ на основе технологии L&S) управления загрузкой ПТЛ в сравнении с результатами «ручного» управления**

Дата отгрузки	Средняя масса отгруженного зерна, тон	Среднее время отгрузки на судно, час		Средняя производительность отгрузки, тон/час		Среднее значение максимальной производительности отгрузки, тон/час	Среднее время выхода на максимальную производительность, мин		Среднее значение общих затрат энергии, кВт*ч	Среднее значение удельных общих затрат энергии, кВт*ч/тон
		с простоями	без простоев	с простоями	без простоев		при первом пуске	последующие пуски		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
с 11.09.16 по 13.10.16 (без АСОЗ)	36792,64	83.0*	46,0	455.5	807,6	1026	19,6	5,0	55601	1,56
с 27.12.16 по 30.05.17 (с АСОЗ)	29663,38	44.8	<b>33,6</b>	688.0	<b>886</b>	1027	5,4	3.2	41241	1.39
Фактический эффект от АСОЗ, %	-	<b>-33%</b>	<b>-10%</b>	<b>+51%</b>	<b>+10%</b>	<b>0</b>	<b>-72</b>	<b>-36</b>	<b>-10%</b>	<b>-11%</b>

### Заключение

Результаты сравнительного анализа эффективности управления загрузкой ПТЛ при погрузке судов оператором «вручную» и с использованием АСОЗ, проведенные в 2016/17 годах, показали следующее: – среднее время отгрузки на судно с учетом простоев уменьшилось на 33%; – средняя производительность отгрузки без учета простоев увеличилась на 10%. При этом, в установившихся режимах АСОЗ обеспечивает среднюю производительность около 950–1020 т/час, в переходных – вывод ПТЛ на максимальную загрузку затянут во времени. Последнее объясняется тем, что переходные процессы в АСОЗ настроены так, чтобы гарантированно обеспечить безопасные (без завалов и аварийных отключений ПТЛ) пусковые режимы ПТЛ в любых производственных ситуациях.

Источники повышения эффективности работы ПТЛ при применении АСОЗ:

- сокращение времени работы ПТЛ со сниженной производительностью, особенно в режимах неравномерного истечения зерна из силосов и в режимах параллельной отгрузки зерна из нескольких источников, за счет непрерывного управления положением подсилосных задвижек, стабилизирующем загрузку ПТЛ;

- максимизация (оптимизация) производительности ПТЛ до ее предельно допустимых значений определяемых: а) положением выпускной задвижки подвесового бункера проточных весов ПТЛ (ее положение задается оператором исходя из условия предотвращения завала судопогрузочной машины); б) началом развития завала зерна в башмаке норы ПТЛ; в) началом развития завала зерна в надвесовом бункере весов;





- сокращение времени работы ПТЛ со сниженной производительностью режимах пуска ПТЛ и целенаправленного изменения ее производительности за счет значительного сокращения времени переходных процессов;
- гарантированное предотвращение аварийных остановов ПТЛ из-за их перегрузки зерном и их негативных последствий;
- сокращение времени работы ПТЛ со сниженной производительностью режимах пуска ПТЛ и целенаправленного изменения ее производительности за счет значительного сокращения времени переходных процессов;

### Література

- [1] Хобин В. А. Концепция эффективного управления производительностью поточно-транспортных линий при перегрузке зерна / В. А. Хобин, С. В. Шестопапов // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2011. – № 10 (148). – С. 26–29;
- [2] Шестопапов С. В. Оптимизация производительности процесса перегрузки зерна в условиях ограничения типа «аварийная ситуация» / С. В. Шестопапов, В. А. Хобин // XVIII Міжнарод. конф. з автомат. управління «Автоматика – 2011». – Львів, 2011. – С. 194–195;
- [3] Кирьязов И. Н. Автоматизированная система оптимизации загрузки поточно-транспортных линий перегрузки зерна: итоги производственных испытаний / И. Н. Кирьязов, С. В. Шестопапов // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2013. – № 7 (172). – С. 43–46.
- [4] Пат. на винахід 99525 Україна, МПК (2011.01), B65G 17/00, G01R 29/00. Спосіб контролю ступеня завантаження конвеєра / Аннаев Б. С., Герасимов В. В., Хобин В. А., Кирьязов И.Н., Шестопапов С. В. и др.; власник ТОВ «С-Інжинірінг». – № а201014455; заявл. 03.12.10; опубл. 25.05.12, Бюл. № 10. – 14 с.
- [5] Пат. на винахід 95887 Україна, МПК (2011.01), B65G 17/00, B65G 47/46 (2006.01), B65G 65/42 (2006.01), G01G 11/12 (2006.01). Спосіб автоматичного управління завантаженням потоково-транспортної лінії сипких матеріалів / Аннаев Б. С., Герасимов В. В., Хобин В. А., Кир'язов І. М., Шестопапов С. В. і ін.; власник ТОВ «С-Інжинірінг». – № а201015861; заявл. 29.12.10; опубл. 12.09.11, Бюл. № 17. – 24 с.

### References

- [1] V. A. Khobin et al. “Kontseptsiya effektivnogo upravleniya proizvoditelnostyu potочно-transportnyh liniy pri peregruzke zerna”, *Hranenie i pererabotka zerna*, vol. 10, pp. 26–29, 2011.
- [2] S. V. Shestopalov et al. “Optimizatsiya proizvoditelnosti protsessu peregruzki zerna v usloviyah ogranicheniya tipa «avariynaya situatsiya», XVIII Mizhнарод. конф. z avtomat. upravlinnya «Avtomatika–2011», Lviv, UA, 2011. pp. 194–195.
- [3] I. N. Kiryazov et al. “Avtomatizirovannaya sistema optimizatsii zagruzki potочно-transportnyh liniy peregruzki zerna: itogi proizvodstvennyh ispytaniy”, *Hranenie i pererabotka zerna*. vol. 7, pp. 43–46, 2013.
- [4] B. S. Annaev et al. “Sposib kontrolyu zavantazhennya konveera”, UA Patent 99525, May, 25, 2012.
- [5] B. S. Annaev et al. “Sposib avtomatichnogo upravlinnya zavantazhenniyam potokovo-transportnoyi liniyi sipkih materialiv”, UA Patent 95887, September, 12, 2011.

### Цитата номеру:

« A new scientific truth does not triumph by convincing its opponents and making them see the light, but rather because its adversaries finally die, and a new generation grows acquainted with that light»

— Max Planck