

Английская версия:

Risk management during construction of electric power substations

How to cite: Pereira, F. S. J., Soares, W. A., Fittipaldi, E. H. D., Zlatar, T., & Barkokébas Junior, B. (2019). Risk management during construction of electric power substations. Gestão & Produção, 26(4), e4639. <https://doi.org/10.1590/0104-530X4639-19>

Abstract: The construction of electric power substations poses a great number of risks due to its dangerous environment. The objective of this work was to evaluate the perception of construction workers on risks, methods they use for evaluation and managing risks to which they are exposed. This study carried out a qualitative and quantitative analysis during the expansion of one electric substation, adding an additional 100 MVA power transformer. The risks were identified and analysed by using the Preliminary Risk Analysis (PRA). Additionally, a questionnaire on construction safety was created and applied on all 27 workers which participated in the construction. The results showed which activities are present during the construction of a power substation, which risks are involved and how to manage them. It was found that among several, the PRA and Checklists were the most commonly used analysis tools. Further on, it was found a relation between training and risk perception. Among perceived risks were: noise, working at heights, electric shocks, traffic accidents, poisonous animals, dust, fire and explosions. The conclusion of this study was that the construction of electric power substations brings several safety risks and that the instruction of workers allows an effective risk management, and can reduce the number of accidents in this type of working activity.

Keywords: Work safety; Civil construction; Electrical energy substation transmission; Electrical energy; Occupational risks evaluation

1 INTRODUCTION

The demand for electricity has a global growing trend. In Brazil, despite recession, it has been growing during the last years. Future prospects for the evolution of electricity consumption depend on some assumptions and possible macroeconomic scenarios. In order to serve consumers with supply and quality, some investments are required to improve its infrastructure works in the generation and transmission sectors. According to the Brazilian Energetic Research Company (EPE, 2017), the prediction of electrical consumption for residential, industrial and commercial customers in Brazil is that it should increase from ≈ 450 GWh in 2016 to ≈ 700 GWh in 2026. The Brazilian government estimates 39 billion BRL (≈ 0.42 billion USD) to be invested in construction of transmission sectors in the period between 2015 and 2018. Most of the companies responsible for the construction are still to be hired, while currently under contract there are already around 22 billion BRL (≈ 6.94 billion USD) (Brasil, 2015).

In the transmission sector, the construction works for new substations and transmission lines, or expansion of existing facilities, are generally authorized by the Brazilian National Electric Energy Agency (Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL), through transmission auctions under a concession regime, authorizing resolutions or permission contracts. The construction sector involves a high number of workers which are involved in building electrical substations. As the civil construction implements new technologies (automation, telecontrol, telesupervision and computerization), there is a significant change in work organization, including outsourcing, adding cooperatives and voluntary redundancy plans. These changes have brought significant harm to workers, as it resulted in increased unemployment and a lack of health and safety conditions. Consequently, the construction industry suffered an increase in the number of work-related accidents involving the electric risk (Miranda & Sica, 2017), which is just one of many risks present during the construction, expansion and renovation of Electric Power Transmission Substations.

The construction work on electric power transmission substations includes electrical energy related risks, in addition to physical, chemical, ergonomic, and commonly presents construction-related risks. According to Barkokébas (2014), 28% of accidents in construction were related to falls, 17% to falls from height, and 2.8% to electrical shocks. However, these 2.8% represented 50% of fatal cases. For Roberts (2016), electricity is an omnipresent risk; it must be managed differently than any other type of risk. Work on expansions or nearby services around powered installations is conducted in presence of high voltage electricity with values ranging from 69kV to 750kV, which are fatal for humans. In this work scenario, electrical accidents can easily occur, representing significant causes of occupational fatalities in the world (Koustellis et al., 2013).

In Brazil in 2016, compared to the previous year, there was an increase of work-related accidents and illnesses, costing the National Institute of Social Security (INSS, 2017) an additional 4.2 billion BRL (\approx 1.33 billion USD). In order to avoid accidents, the risk analysis has been widely used in different sectors.

An individual method may not achieve the optimal risk assessment results for workplaces (Marhaviilas et al., 2013). It is possible to associate several analysis tools, which aim to facilitate the study and direct to appropriate control actions. According to legal requirements, the Occupational Health and Safety Management guidelines, as a part of the quality system, oblige the employer to promote health and integrity to workers, including phases from implementation to maintenance of systems.

Nevertheless, although there are legal requirements, developed safety-management tools and techniques, the work-related accidents and illnesses continued to grow. Future trends show that electrical requirements will continue to grow, creating a need to build new power stations, and therefore remaining a high risk for those building them. There is an urgent need to improve safety conditions in construction of electrical energy transmission substations in order to improve the safety and health of workers involved. The objective of this work was to evaluate the perception of construction workers on risks to which they are exposed, investigate on which methods they use to evaluate and manage those risks. Further on, the objective was to discuss and compare these results with currently available data on work-related accidents and illnesses, finally to give suggestions for improving occupational safety and health.

2 Bibliographic review

The bibliographic review was conducted in order to review current knowledge and information on construction work safety in the electrical sector. The review was conducted on statistical data of accidents from construction in the electrical sector (FUNCOGE, 2018; INSS, 2018) and the Brazilian regulatory norms. Additionally, the review was conducted in 8 databases: Academic Search Complete; Cite Seer; Library Information Science and Technology Abstracts, Scopus, Web of Science; IEEE explore; Science Direct; and PubMed/Medline. For searching purposes, keywords and expressions were used: “construction”; “substations”; “transmission”; “risks”; “accident prevention”; “techniques for risk analysis”; “occupational risks”; “safety in electric installations”; which resulted in 11 articles.

2.1 Global data on work accidents in the electrical sector

In the United States in 2016, out of 4,693 work-related fatalities in private industries, a number of 991 (21.1%) were in construction. The leading causes of deaths (excluding traffic-related deaths) in the construction industry were due to falls (38.7%), followed by struck by an object (9.4%), electrocution (8.3%), and caught-in between (7.3%) (OSHA, 2018).

In Great Britain in 2017, fatal injuries in the construction industry represented 30% of all work-related fatal injuries, with electrocution representing 8% of all causes (Edwards, 2017).

According to the International Electrical Safety Foundation, the highest rate of electrocution occurs among construction contractors. In the United States, the Agency of Labour Statistics registered electricity as the major cause of death between 2003 and 2011 with a record of 40% of cases (Zhao et al., 2016).

Nevertheless, although the construction industry is responsible for a high number of fatal accidents, it is important to consider that it also employs a high number of workers. According to the annual average from 2012 to 2017, in terms of the number of fatalities per 100,000 workers employed, the rate of fatal injuries in the construction industry was 1.82, while for the agricultural industry 8.44, and the waste and recycling industry with 6.80.

2.2 Brazilian data on work accidents in the Electrical Sector

Brazilian data on work accidents are registered in documents issued by companies. The document is based on the procedure for preparation of the Work Accident Communication (Comunicação de Acidente de Trabalho - CAT) and it consider both work-accidents and occupational diseases. The rules are specified by the norm NBR 14280 (ABNT, 2001), establishing criteria for registration, communication, statistics, investigation and analysis of occupational accidents, its causes and consequences.

There are two main registries related to the Brazilian Electrical Sector on work accidents considering phases of generation, transmission and distribution of electrical energy. These are: the Statistical Yearbook of Labour Accidents (Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho - AEAT), prepared by the Ministry of Labour and Employment (Ministério do Trabalho e Emprego - MTE); and the Statistics Report for Accidents in the Brazilian electric sector, prepared by the Management Committee Foundation (Fundação Comitê de Gestão Empresarial - FUNCOGE).

2.2.1 The statistical yearbook of labour accidents

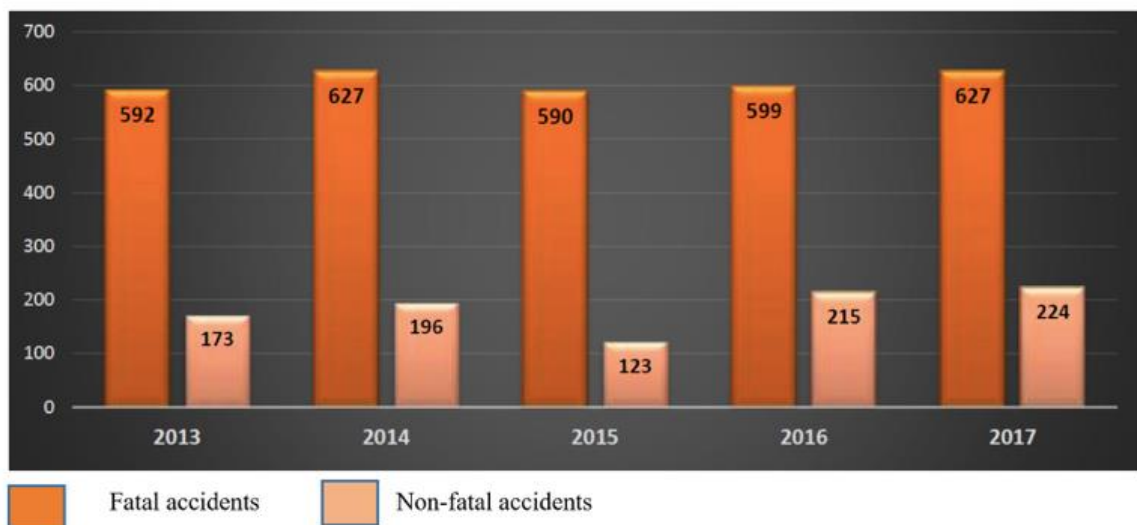
The statistics of occupational accidents can be presented according to some criteria, such as the International Classification of Diseases (ICD) and the Brazilian National Classification for Economic Activity (Classificação Nacional de Atividade Econômica - CNAE). The National Classification for Economic Activity is a standard officially adopted by the National Statistical System. However, there is not a specific code for economic activity of an electric energy substation (Subestação de Energia - SE). The construction of an Electric Energy Substation involves several activities, each having its National Classification code.

For example, the National Classification code 4321 represents accidents in the electrical sector (illustrated in Figure 1). On that figure it was observed that some accidents were registered (Typical, Communication, Work Sickness), while others were not ("sem cat" or Without Work Accident Communication). The accidents were separated by type: work sickness; commuting; and typical accidents. Between 2014 and 2016, it was recorded a slight decline, but still showing high values. Through 2016, the accidents in the electrical sector occurred on daily bases, emphasizing the need for actions to minimize them.



Figure 1 Work Accidents in the electrical sector. Adapted from Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS, 2018)

Figure 2 shows the data of the Brazilian Association for the Awareness of the Dangers of Electricity (ABRACOPEL, 2018) in relation to the number of fatal and non-fatal accidents caused by electrocution in Brazil during the years from 2003 to 2017.



Adapted from ABRACOPEL (2018).

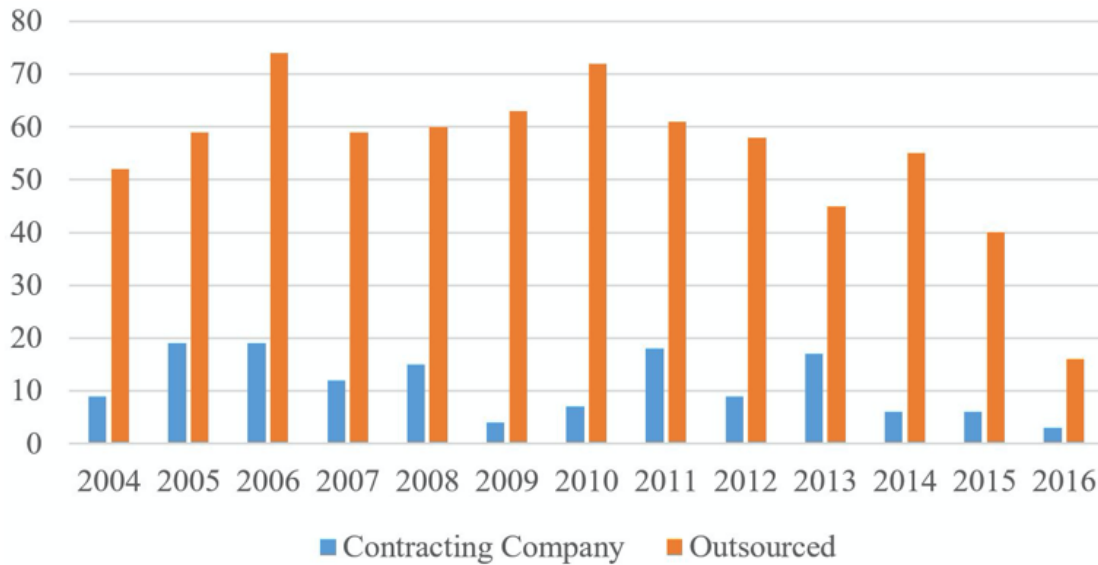
Figure 2 Total number of accidents of electrical origin in Brazil from 2013 to 2017

Compared with the number of non-fatal accidents in Brazil during the past years, there is an increase during the year 2016 and 2017. As it could be noted from the Figure 2, the number of registered fatal accidents is much higher than the number of non-fatal accidents. This could be explained with a high number of not recorded non-fatal accidents, while all fatal tend to be recorded.

2.2.2 The statistics report for accidents in the Brazilian electric sector

The Management Committee Foundation has been releasing reports since 1977. The reports serve as a management tool for companies from the electrical sector. The Figure 3 illustrates the numbers

of typical fatal accidents which occurred in the Brazilian Electrical Sector from 2004 to 2016, between electricity generation and transmission companies. During this period, the electric sector was a sector with a high number of fatal accidents.



Adapted from Fundação Comitê de Gestão Empresarial (FUNCOGE, 2018).

Figure 3 Number of fatal accidents in the electricity sector for contracting and outsourced companies in the period from 2004 to 2016

The Figure 3 illustrates the data of Funcoge on the number of fatal accidents in the electricity sector for contracting and outsourced companies in the period from 2004 to 2016. The vertical axis represents the number of fatal injuries, while the horizontal axis represents the years in which the fatal accidents occurred.

The number of accidents in outsourced companies has been decreasing over the years, decreasing from 74 in 2006 to 16 in 2016. Nevertheless, the number of fatal accidents in outsourced companies is still high in comparison with contracting companies.

2.3 Electrical substations

The Electrical Energy Substation is an installation composed of a set of equipment used to control, modify, command, distribute and direct the electric power flow in an electric system. It has one or more of the following functions: Manoeuvring, which allows connecting and disconnecting electrical equipment; Transformation, which allows increasing or decreasing the voltage levels according to the electrical system operation; and Distribution, which allows the power flow subdivision to meet different feeders.

The network substation in the Brazilian electric transmission system is with voltage levels of 230 kV (ANEEL, 2017). The activities in this work environment, in addition to all possible risks present in the construction industry, include also risks related to high voltage electricity, where any mishandling can be fatal. During the development of construction services, it is necessary to include professionals from different areas, in order to ensure safety. The tasks of construction include building bases for different equipment, installing current transformers or potential transformers, disconnecting switches and circuit breakers, fire wall construction, electromechanical equipment and setting up of high voltage buses, setting-up and cabling of de-energized and powered panels.

2.4 Risks management and evaluation systems

There are several national and international laws regarding this issue. The Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS 18.001) represent an international standard which establishes requirements related to occupational health and safety management. It is expected to be replaced by ISO 45001 (BSI, 2017), a new publication from the International Organization for Standardization. The aim of risk management is to eliminate risks, and when it is not possible, to minimize them. According to the study analysing data from the International Labour Organization (ILO), 96% of accidents could be avoided by analysing incidents or probable incidents (Barkokébas, 2014).

In France, the International Conference on Large High Voltage Electric Systems (CIGRE) suggested the creation of a working group for 2017 with the proposal to investigate on experiences of companies from the electrical sector in relation with risk management in substations. One of the main objectives is to promote safety in several stages of an enterprise: construction; operation; and maintenance during the installation (CIGRE, 2014).

2.5 Risk analysis techniques

There are several techniques for Risk Analysis: “Failure Mode and Effect Analysis” (Análise de Modo de Falha e Efeito - AMFE); Fault Tree Analysis (Análise de Árvore de Falha - AAF); “What if?”, which indicates possible risks; “Checklists” (used in daily activities based on certain parameters); “Hazard and Operation-ability Identification Studies (HAZOP)” and the “Preliminary Risk Analysis (APR)” (Cardella, 2013).

3 CASE STUDY

A quantitative and qualitative study was conducted on an Electric Power Substation located in Recife, Pernambuco, Brazil. The type of facility was the Air Isolated Substation (AIS), with capacity of 300 MVA. The construction works contemplate the expansion of a new transformer section, together with associated equipments, in order to increase the transmission capacity.

According to the “Consolidation plan for transmission works” (Brasil, 2015), it was decided to expand the facility in order to increase the transmission capacity of electric power for additional 100 MVA. The National Agency for Electrical Energy (ANNEL) authorized the implementation of the fourth three-phase power transformer of 230/69kV, 100MVA, to be installed alongside other existing and powered electrical equipments with voltage levels of 69kV and 230kV. The electric Substation is provided with access roads and buildings which serve as a base, like the control house which houses the operators, allocates protection panels and the equipment panels.

3.1 Construction process and activities

The construction process (illustrated in Figure 4) could be divided into several working activities: a) cable-ducts excavations; b) concreting the bases; c) construction of oil containment basin; d) fire-wall construction; and e) grounding through the exothermic welding process.

4a) cable-ducts excavations; 4b1) concreting the bases; 4b2) concreting the bases



4c) construction of oil basins; 4d) fire wall construction; 4e) grounding (exothermic welding)



Figure 4 The construction activities

a. The cable-ducts are required to accommodate all wiring needed to interconnect the courtyard to their respective protection and control panels which are located in control rooms and relay huts. Excavations (illustrated in Figure 4a) could be handled manually by using conventional tools (with shovels, picks, diggers and jackhammers) or mechanically (with backhoe loaders);

b. Concreting the bases is required to cover and protect the cable installation after finalizing the base frame activities. Concreting (illustrated in Figures 41, 424c) could be handled manually using the wheelbarrow, or it could be supplied directly from the concrete mixer truck;

c. Construction of oil containment basins are required to contain the transformer insulating liquid from a possible leaking, avoiding soil and groundwater contamination, and in case of fire, not to reach parts of the substation. It is required by the Brazilian Standard Norm NBR 13231 (ABNT, 2015), dealing with fire protection in Electrical Substations and by environmental legislation and fire departments. The basin (illustrated in Figure 4d) is interconnected through the structure (separator container), allowing the separation of water from the oil. In this venture, the oil separator container was already built, and it was part of the construction site. There was an interconnection between the new containment basins, the new transformer and the reactor with the existing oil separator container;

d. Fire-wall construction is required to act as a barrier in case of fire and explosions in any electrical transformer, containing the fire from spreading to other units. The structure (illustrated in Figure 4e) is made from pre-moulded concrete slabs covered with anti-thermal material, needed to be higher than the transformer, reaching altitudes higher than 10 meters;

e. Grounding through the exothermic welding process should be done with special care concerning the soil loop at an electrical energized substation. The workers will find the existing ground during excavation services, which in normal conditions, shouldn't present a risk to the workers. Nevertheless, in case of a short circuit, high currents could circulate, and pose risks of accidents.

3.2 Participants

As explained through the previous chapter, the construction process involved various activities. The activities were carried-out by professionals from different areas of expertise, from carpenters

and masons to technicians and engineers. In total, 27 workers participated in the interview survey: civil engineers (3); electrical engineers (1); safety engineers (2); safety technicians (5); electrical technicians (1); construction technicians (1); workers performing iron and concrete services (1); carpenters (2); civil workers (1); backhoe operators (1); masons (4); jackhammer workers (1); assistant mason (1); assistant electrician (1); general assistant (2); construction assistants (2). From interviewed participants, 17 were full-time workers of the Electrical Substation (belonging to the hired company), while 10 were employees of the contracting company.

3.3 Methods

For analysing risks, this study used the technique of Preliminary Risk Analysis. This technique allows analysing risks in a conscious and anticipated way, allow the evaluation of events with higher danger and risks (Tavares, 2012), and identify their causes and consequences, finally to be able to establish planned control measures.

For the purpose of the study, a questionnaire was elaborated. The questions were based on literature dealing with environmental and accident risks, risk analysis tools, controlling measures and trainings useful for these types of operations. It included 21 questions in relation to the workers identification, profession, health history, the trainings they passed, how they plan and organize their work, risks to which they are exposed, equipment and safety measures they use, and general satisfaction on their work safety.

The questionnaire evaluated workers' perceptions regarding occupational hazards, awareness on safety issues and risks involved during the development of their activities, workers' adoption of risk analysis tools and control measures. Additionally, conducted activities were photographically recorded for risks identification and mappings, and to be used in further data analysis.

3.4 Data analysis

All gathered data were analysed by using the Excel statistical tool-box, evaluating risks perception among workers, making it possible to compare acquired data with previously conducted studies.

4 RESULTS

The results from the questionnaire survey were illustrated in the following figures. Workers perform activities in the open air, which is called the patio of energized equipment (where the presented risks are highly present) and in offices - those working in planning and inspection activities.

The Figure 5 illustrates the workers by their work experience (from 0 to 10 years). As it could be noted, 5 (19.2%) had more than 15 years of experience, 7 (26.9%) had between 10 and 15 years, 1 (3.8%) had between 5 and 10 years, 4 (15.4%) between 1 and 5 years, while 9 (34.6%) had less than 1 year of experience. Figure 6 shows that 14 (52%) of the interviewed workers had more than 5 years of professional experience.

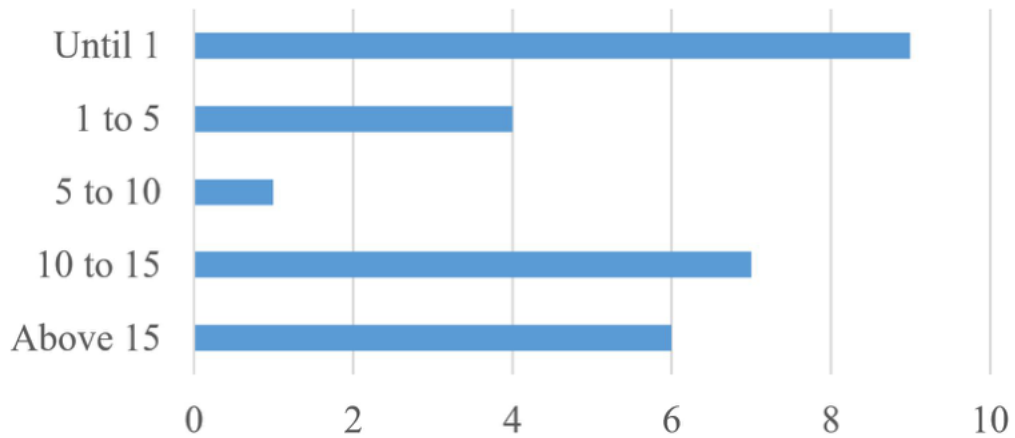


Figure 5 Distribution of interviewed workers by work experience in years

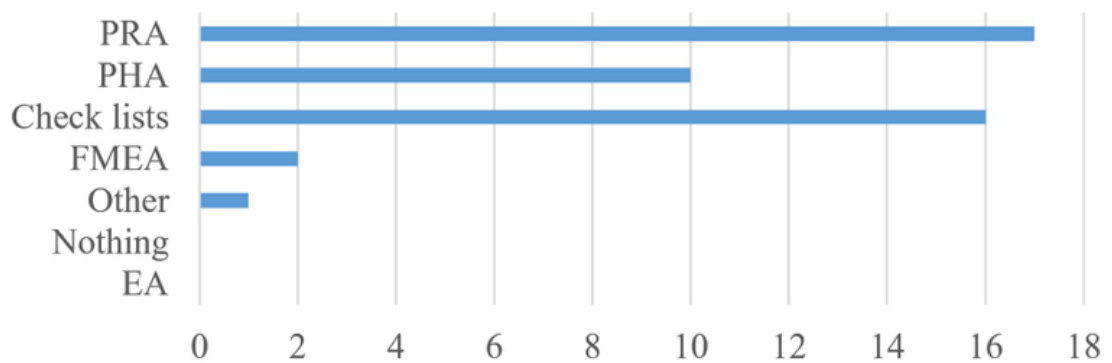


Figure 6 Usage of Risk Analysis Tools

As shown in Figure 5, nearly half of the workers (13/27, 48%) which participated in this project had more than 10 years of working experience.

The Figure 6 illustrates most commonly used risk analysis tools. As it could be noted, the Preliminary Risk Analysis (PRA) was used by 17 workers, the Preliminary Hazard Analysis (PHA) was used by 10, check lists were used by 16, the Manner and Effect Analysis (FMEA) by 2, other tools by 1, while no answers were recorded on using Errors Analysis (EA), and not being able to inform what is using.

The Figure 7 illustrates which occupational safety and health trainings and educations were conducted by considered workers. As it could be noted, all 27 were trained in Electrical safety (NR 10), 16 in construction safety (NR 18), 15 for working at heights (NR 35), 8 in Safety with mechanical equipment (NR 12), 7 in Fire safety (NR 23), 6 in Safety signalization (NR 26), 3 for working with flammable and combustible materials (NR 20) and working outdoor (NR 21), and 1 for Unhealthy operations (NR 15).

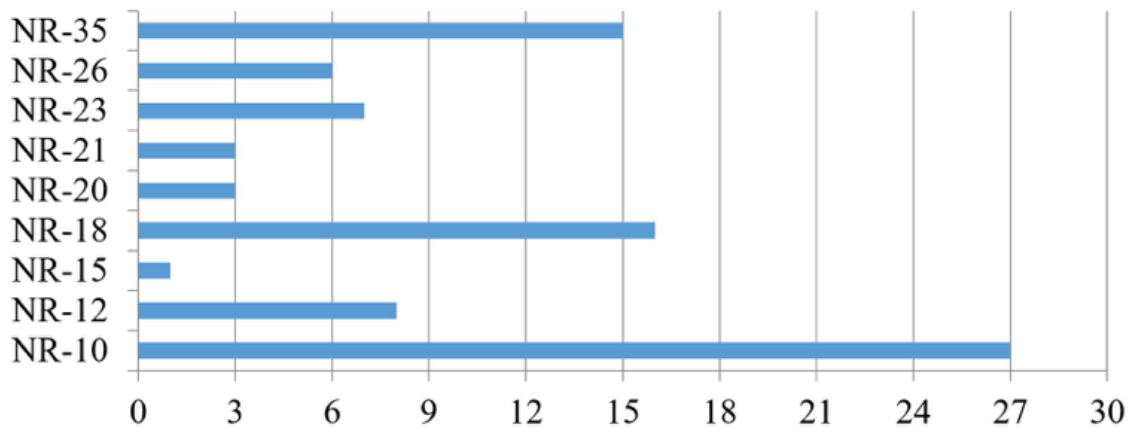


Figure 7 Number of trainings and educations by Brazilian regulatory norms. NR = Represent the Brazilian regulatory norm (Norma Regulamentadora)

The Figure 8 illustrates which personal protective equipment (PPE) was mostly used by considered workers. As it could be noted, usage of 15 different PPE's was evaluated.

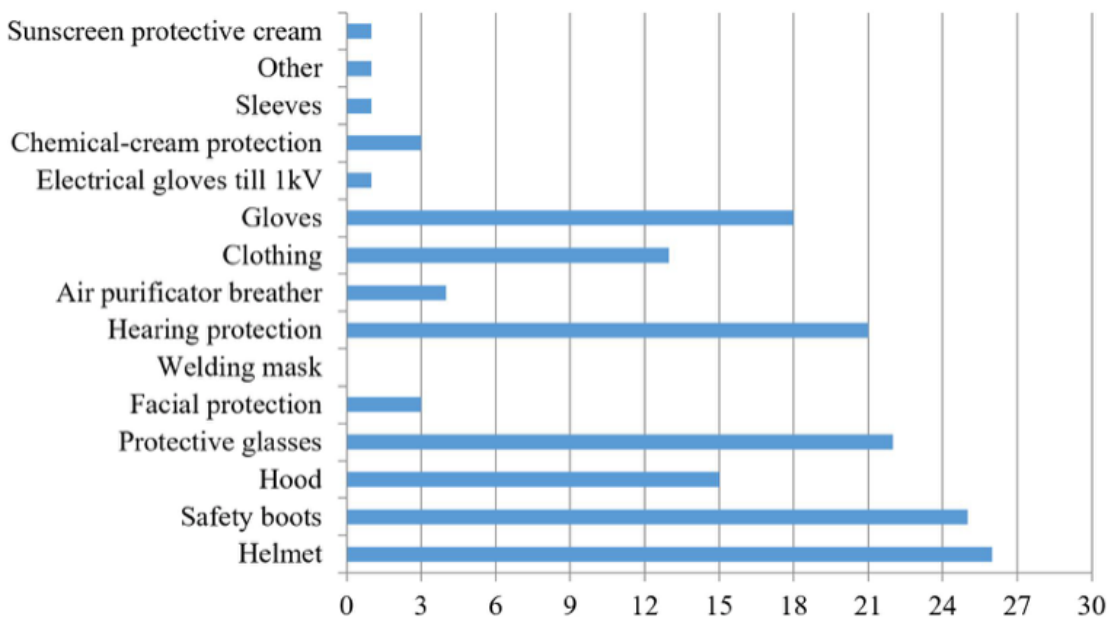


Figure 8 Personal Protective Equipment used by workers

The mostly used PPE was helmet (26 workers), safety boots (25), glasses (22), welding mask (21), appropriate clothing (18), hood (15), air purificator (13), hearing protection (4), facial protection (3), electrical isolation gloves (3), gloves (1), cream protection against agents (1), sleeves (1), other (1), sunscreen protective cream (0).

The Figure 9 illustrates the perception of workers on safety solutions present at the construction site. In total, one protective net was encountered, 2 safety signs, 4 safety nets, 5 fences, 16 barriers, 5 electrical parts with isolation, and 25 safety signalizations.

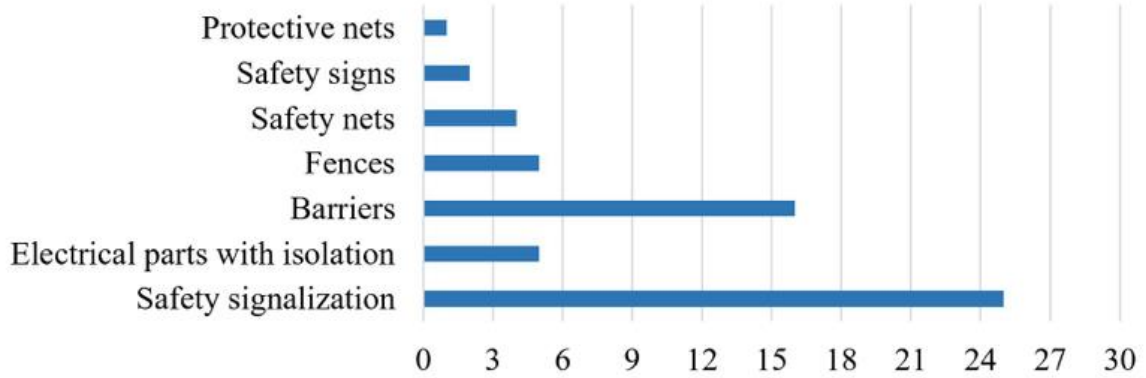


Figure 9 Perception of workers on safety solutions at the construction site

The Figure 10 illustrates a list of 22 occupational safety and health risks identified/perceived by workers.

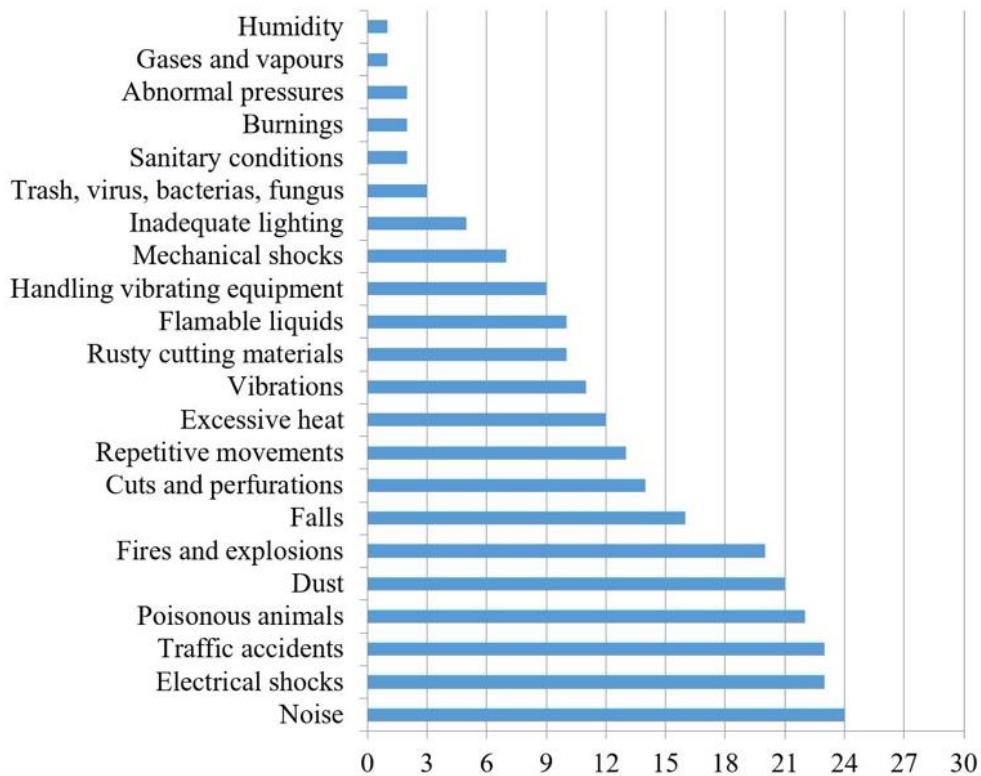


Figure 10 Identification of occupational safety and health risks

Among various risks present during this construction activity, most of the workers recognized: noise (88.9%); electrical shocks (85.2%); traffic accidents (85.2%); poisonous animals (81.5%); dust (77.8%); fire and explosions (74.0%); and falls (59.3%).

5 DISCUSSION

Although the construction industry usually involves a high number of risks, this type of construction involves even more. Therefore, it is necessary to adequately assess risks, for all workers to undertake trainings, to be able to perceive high risks and to protect them with adequate PPE. The workers had to perform specific trainings (as required by regulatory norms specified by the Brazilian Ministry of Labour and Employment) depending on their job description and the

activity they conduct. As illustrated in Figure 7, 100% of workers carried out the training on electrical safety (NR 10). This was expected as the present construction activities were conducted in powered areas. More than 60% of employees carried out the training on construction safety (NR 18). As activities were often performed at heights above 2 meters from ground level, 55% of workers carried out the training for working at heights (NR 35). Other trainings had lower frequency of participation.

As it is illustrated in Figure 8, the most used PPE were helmets (96%) and protective boots (92%). This could be associated with mandatory requirements from the Brazilian legislation for all those present on construction sites. Approximately 30% of the interviewed employees suggested training with smaller breaks for acquiring new relevant knowledge to carry out their tasks properly, as well as requesting some workload with practical classes in the training sessions. It is common for workers to undertake compulsory training, but in addition to these, extra trainings such as lectures can promote awareness and minimize risks.

5.1 Risk analysis tools

The risk analysis tools should always lead good safety management practices (Bridi et al., 2013). Through analysing risks through the process of this type of construction, several analyses were made. The cable-ducts excavations could be done faster by using mechanical tools, nevertheless, the movement of backhoe loaders pose another type of risk, as its' spears might approach or even touch the high voltage buses. Therefore, prior to any working activities it is necessary to conduct a preliminary risk assessment. Once the excavations are finalized, it is important apply adequate fall-protection measures around all holes and ditches. During the process of concreting the bases, it is necessary to use concrete vibrators to improve the concrete densification. It is important for all electrical equipment to be earthed and comply with the Brazilian Standard Norm NBR 5410 (ABNT, 2008). The construction of fire-walls requires the use of scaffoldings, for workers to be able to assist during the placement of pre-moulded slabs. As work is conducted on heights, it is necessary to carefully plan the working activity and apply fall-protection measures (Nonnenmacher et al., 2017; Peñaloza et al., 2015) . Slabs could be lifted to a desired height by using manual methods or by using the truck-crane. This activity poses great risk of electrocution due to having moving parts in the proximity of powered transformers. For grounding through the exothermic welding, several preventive measures should be applied. All elements should be previously identified and employees should not have any contact with the soil loop. In the soil loop expansion services, every new part should be made independently, leaving the interconnection with the existing part for the last phase of work. This activity carries burning risk to workers, once the exothermic solder is used to make the connections. Another risk is for worker's hands to be squeezed or getting their faces injured when working on the grounding.

The questionnaire results on most commonly used technique for risk analysis (as illustrated in Figure 6) show that they were: the Preliminary Risk Analysis (PRA); check lists; and the Preliminary Hazard Analysis (PHA). The reasons for using PRA could be associated to the same reasons as why the authors selected it (it analyses and anticipates risks, it establish a plan through control measures). As illustrated, workers commonly used more than one risk analysis tool. The work should use risk analysis techniques and try to analyse the working activities in phases (Cabraia et al., 2008).

5.2 The relation between training, risk perception and the use of PPE

Table 1 was created in order to facilitate the discussion on data illustrated in Figure 7 on trainings which workers conducted, Figure 8 on PPE they used, and Figure 10 on their risk perception. As answers were gathered from 27 workers, the collected data was classified into three main groups:

high number (group 1, from 19 to 27); medium number (group 2, from 10 to 18); and low number (group 3, from 1 to 9).

Table 1 The relation between collected data

Groups	Nr	Undertaken trainings	Nr	Risk Perception	Nr	PPE in use
Group 1 (from 19 to 27 workers)	27	electrical safety (NR 10)	24	noise	26	helmet
			23	electrical shocks	25	safety boots
			23	traffic accidents	22	protective glasses
			22	poisonous animals	21	welding mask
			21	dust	18	appropriate clothing
			20	fires and explosions		
Group 2 (from 10 to 18 workers)	16	construction safety (NR 18)	16	falls	15	hood
	15	working at heights (NR 35)	14	cuts and perforations	13	air purificator
			13	repetitive movements		
			12	excessive heat		
			11	vibrations		
			10	rusty cutting materials		
Group 3 (from 0 to 9 workers)	8	safety with mechanical equipment (NR 12)	9	handling vibrating equipment	4	hearing protection
	7	fire safety (NR 23)	7	mechanical shocks	3	facial protection
	6	safety signalization (NR 26)	5	inadequate lighting	3	electrical isolation gloves
	3	working with flammable and combustible materials (NR 20)	3	trash, virus, bacteria, fungus	1	gloves
	3	working outdoor (NR 21)	2	sanitary conditions	1	cream protection against agents
	1	unhealthy operations (NR 15)	2	burnings	1	sleeves
			2	abnormal pressures	0	sunscreen protective ream
			2	gasses and vapours		
			2	humidity		

As it could be seen from Table 1, a high number of workers were trained on electrical safety, medium number on construction safety and working at heights, while a low number for safety with mechanical equipment, fire safety, safety signalization, working with flammable and combustible materials, working outdoor and unhealthy operations. Some risks, as for example the abnormal pressure was perceived by workers. This type of answers should be rejected from consideration as all activities were developed under normal pressure, and could be justified with workers not understanding the question or the topic.

5.2.1 Unhealthy operations

The following Figure 11 illustrates data in relation to the training of unhealthy operation (NR 15), and it compares with risk perception of each factor considered in that training (blue columns) and the percentage of workers which used PPE to protect them from each of those risks.

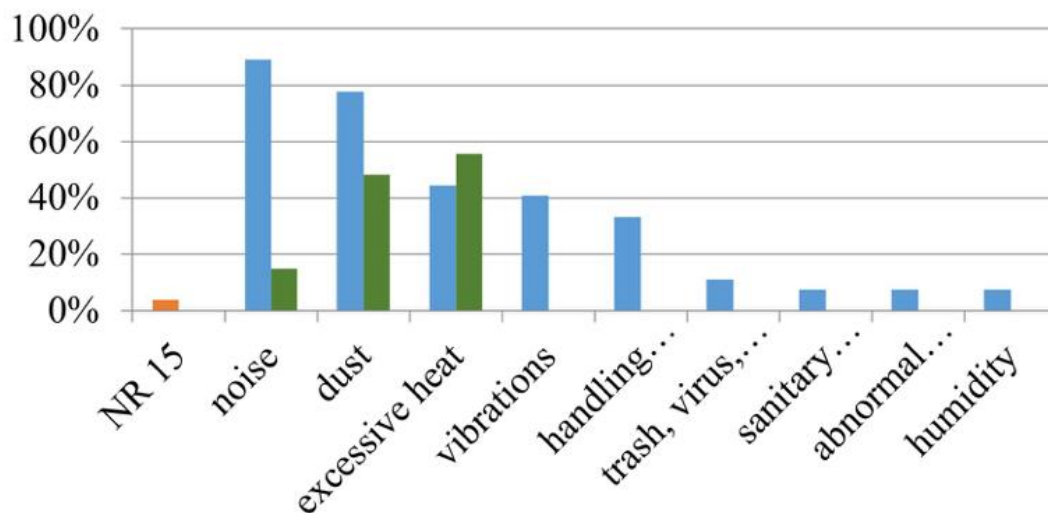


Figure 11 Unhealthy operations

As it could be seen from Figure 11, percentage of workers trained for unhealthy operations were very low. In this group of risks, they were often perceived by a high number of workers, but those which could be associated with not understanding the risk (not trained). Further on, although workers perceived risks, often they didn't wear adequate PPE to protect them for those risks, which could be also associated to not being trained for it.

The risk perception of noise was high (89%), although the number of workers which used hearing protection was low (15%). Onsite, it occurs in various activities, usually caused by vehicles passing on roads nearby the area which was under construction. Further on, noise occurs when turning on diesel emergency generator which serves as the temporary facility onsite, or with operational equipments such as transformers, isolators, cement mixers, among others. Dust was perceived as risk from a high number of workers (78%), but air purificators were used moderately (48%). Dust is commonly present on constructions sites, therefore adequate PPE is necessary for preventing this agent from entering into the human respiratory system.

Excessive heat was recognized by a moderate number of workers (44%). Adequate protection through wearing hoods, sleeves and applying sunscreen protective cream was also used moderately (56%). Usually, construction activities are carried outdoor, exposing workers to high temperatures which makes the adequate clothing important. For other agents illustrated in the Figure 11, they were perceived as risks, but no PPE was applied.

Vehicles and equipment that generate high vibration, such as: compactors; breakers; backhoes; circular sawings; sanders; machines; marteletes; screwdrivers or forklifts; require adequate protection and the use of the hearing protection. Exposure to this risk should be evaluated according to limit values as specified by the regulatory norm NR 15 and according to the body region which is subject to vibration as specified by the technical norm on Hygiene Occupational Standards (Norma de Higiene Ocupacional - NHO). The PPE include anti-vibration gloves (specified by ISO 10819) and anti-vibration seats for vehicles. Another measure is to check the defective parts and to regularly schedule maintenance and ensure that machines are in good condition.

5.2.2 Electrical safety

The following Figure 12 illustrates data in relation to the training of electrical safety (NR 10), and it compares with risk perception of electric shocks and the percentage of workers which used electrical isolation gloves (PPE).

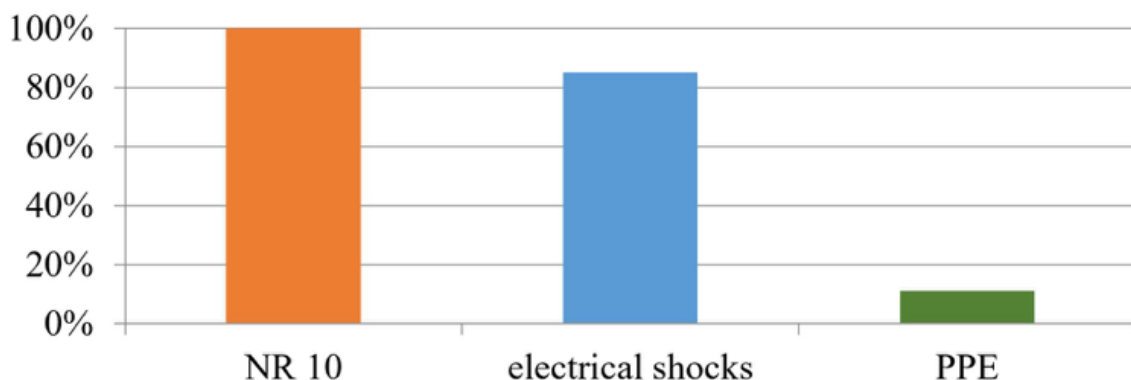


Figure 12 Electrical safety

The number of workers which perceived electrical shocks as risk was in accordance with the number of workers which undertook electrical safety training (NR 10). Electrical isolation gloves were used by a low number of workers, which could be explained with a low number of workers which were electricians. Other workers did not this PPE as they avoided any contact of this type. In this case, the electrical risk could be ranked as the highest, not only due to what show us statistics (FUNCOGE, 2018) and previous works (Barkokébas, 2014; Roberts, 2016), but also as workers are located in the area with several powered equipments with high voltage levels. The consequence of this risk could be fatal in just a matter of seconds. The risk includes the risk on low powered electric bus areas. The construction activity of electrical substations requires trainings on electrical risks, regardless of the employee's function.

5.2.3 Construction safety

The following Figure 13 illustrates data in relation to the training construction safety (NR 18) and training for working on height (NR 35), and it compares with the perception of risk of falls, fires and explosions, electrical and mechanical shocks.

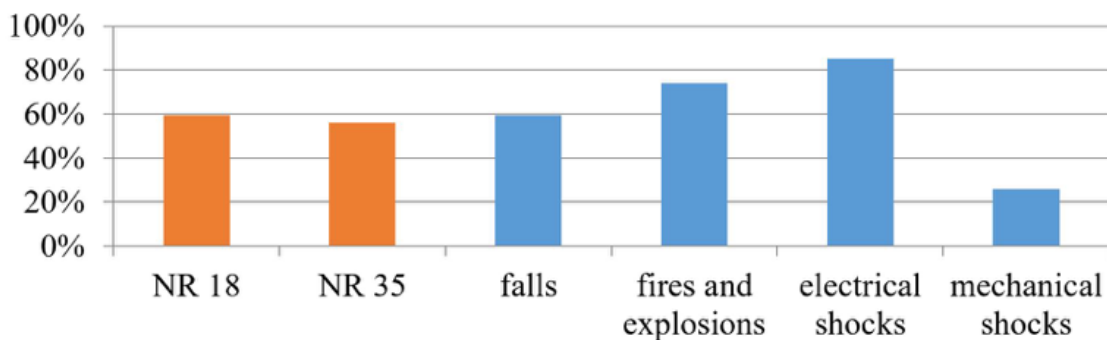


Figure 13 Construction safety.

The training on construction safety (NR 18) and working at heights (NR 35) was moderate (59% and 56% respectively). It was in accordance with the number of those which perceive falls (59%) as important risks for consideration.

Fires and explosions may occur due to the failures of electrical equipment and mechanical shocks, while falls from heights due to the worker conducting his activity on heights. Nevertheless, as falls represent a high percentage of accidents and death cases (Barkokébas, 2014), it was expected that workers would have a greater perception of this risk. The risk of falls is highly present as work is conducted on heights above 2 meters from ground level. Further on, falls can occur through the openings of trenches for passage boxes and equipment bases. A possible solution is to improve the number of safety signs. A common situation that causes an imminent risk of falling is to observe workers passing over box channels through the courtyard. The worker may fall on through a “false” cover, or a cover may rupture due to being prepared to support the workers weight, causing him torsions, fractures or even death. This could lead to unnecessary work leaves for long periods of time. Additionally, during rainy periods, slippery floors should be cleaned accordingly.

5.2.4 Other safety concerns

There were a low number of workers trained in fire safety, but the risk perception on fires and explosions was represented by high number of workers. This could be explained with moderate number of those which were trained for fire safety but through another standard (for example the training on construction safety which includes fire safety). Fire and explosion represent a high and

very present risk. It is enough to observe the fire walls construction around the power transformers, which have the function of not propagating fire and confining the fragments of an exploded-equipment near its original area. In case of fire, a possible failure to insulate any equipment can possibly cause an explosion. Therefore, the use of Personal Safety Equipments and Common Safety Equipments is more than fundamental.

Similarly, the number of those trained for working with flammable and combustible materials was low, while the risk perception was represented by medium number of workers. Flammable liquids such as Diesel in the Emergency Generator Set require care when handling with or getting closer to it. Cigarettes are strictly prohibited in this area, since any spark can generate a disastrous fire that can be spread. It is recommended that everyone is familiar with the use of extinguishers as well.

In third place for risk perception it was traffic accidents. Workers are conscious that long journeys between their homes and workplace pose a risk for traffic accident. Although it is an external factor, it is important to consider it and to give workers recommendations on using defensive driving, not to consume alcoholic beverages and leave their home early to avoid rush-hours and reduce this risk. As the substation construction environment is usually far away from large urban centres, a risk from several poisonous animals should be considered: like snakes, scorpions, rats, which could hide in cable-ducts inside the passage boxes. Before opening them, caution is required and no one should perform any activity by himself.

The Repetitive effort, such as carrying cement bags and handling heavy equipment, require the worker to be careful when distributing loads with someone else, observe their posture when squatting and to climb adequately. Many accidents occur because of needless rush.

Another very present risk is while cutting materials. For this task are used various tools and instruments such as: nails, wires, circular sawings, machines, drills, hoes, shovels, pliers, hammers, among others. Some of them can even be oxidized, bringing serious health risks such as tetanus. The equipment storage and organization with signs indicating the equipment's name and risks warning are very important. Therefore, edgy materials should be stored and packaged properly, in order to avoid that improper manipulation causes undesired accidents to workers.

Cement is a very common chemical product used in the construction industry. It is necessary that workers use appropriate gloves to avoid direct contact with the skin, as cement can cause risk for professional dermatosis.

6 CONCLUSIONS

The construction held at electrical substations represents a dynamic environment where workers with different areas of expertise work simultaneously.

The construction process of the electrical substation was found to pose several risks depending on its phase. When using mechanical tools, it is necessary to conduct a preliminary risk assessment. Once the excavations are finalized, fall-protective measures should be applied around all holes and ditches. The concrete vibrators and all electrical equipment should be earthed. During the construction of fire-walls scaffolds should be used and fall-protective measures should be applied. Truck-crane should be avoided as moving parts in the proximity of powered transformers pose great risk of electrocution. During the process of grounding all elements should be identified and employees should not have any contact with the soil loop.

Workers were found to apply several risk analysis tools, while the most commonly used was the PRA. There is relation between training, risk perception and adequate use of PPEs. When workers were not trained for working with some risks, they exaggerated or underestimated the risk. Workers were mostly trained for electrical safety, construction safety a working on heights, where the percentage of risk perception was in accordance with the percentage of workers which were trained to identify and manage those risks.

The conclusion of this study was that the construction of electric power substations brings several safety risks and that the instruction of workers allows an effective risk management, and can reduce the number of accidents in this type of working activity.

REFERENCES

- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. (2017). Subestação de transmissão. Brasília. Retrieved in 2018, June 3, from <https://www.aneel.gov.br/transmissao5>
- Associação Brasileira de conscientização para os Perigos da Eletricidade – ABRACOPEL. (2018). Anuário estatístico brasileiro dos acidentes de origem elétrica ano base 2017. Salto. Retrieved in 2018, June 4, from <http://www.abrocopel.org/estatisticas>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2001). NBR 14280: cadastro de acidente do trabalho. Rio de Janeiro
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2008). NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2015). NBR 13231: proteção contra incêndio em subestações elétricas. Rio de Janeiro
- Barkokébas, B., Jr. (2014). A contribuição da engenharia de segurança do trabalho na prevenção de acidentes e doenças ocupacionais. *Tribunal Superior do Trabalho*, (80), 167-177. Retrieved in 2018, June 4, from <https://hdl.handle.net/20.500.12178/61239>
- Brasil. Ministério de Minas e Energia – MME. (2015). Programa de Investimento Em Energia Elétrica (PIEE) - 2015-2018. Brasília. Retrieved in 2017, July 2, from <http://www.mme.gov.br/documents>
- Bridi, M. E., Formoso, C. T., Pellicer, E., Fabro, F., Viquer Castello, M. E., & Echeveste, M. E. S. (2013). Identificação de práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho em obras de construção civil. *Ambiente Construído*, 13(3), 43-58. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212013000300004>
- British Standards Institution – BSI. (2017). OHSAS 18001. London: BSI. Retrieved in 2017, June 26, from <https://www.bsigroup.com/pt-BR/OHSAS-18001-Saude-e-Seguranca-Ocupacional/ISO-45001>
- Cambraia, F., Saurin, T., & Formoso, C. (2008). Diretrizes para identificação, análise e disseminação de informações sobre quase-acidentes em canteiros de obras. *Ambiente Construído*, 8(3), 51-62
- Cardella, B. (2013). *Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística*. São Paulo: Atlas

Conselho Internacional de Grandes Sistemas Elétricos – CIGRE. Study Committee B3-WGB3.38. (2014). Proposal for the creation of a new working group: management of risk in substations. In Proceedings of the 28th International Conference on Large High Voltage Electric Systems (CIGRE). Delft, Netherlands: CIGRE.

Edwards, H. (2017). Fatal injuries arising from accidents at work in Great Britain. United Kingdom: Healthy and Safety Executive. Retrieved in 2018, June 4, from <http://www.hse.gov.uk/statistics/pdf/fatalinjuries.pdf>

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. (2017). DEA 001/17: projeção da demanda de energia elétrica. Rio de Janeiro: EPE. Nota Técnica. Retrieved in 2017, July 2, from [http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA_001_2017 - Proje%C3%A7%C3%B5es da Demanda de Energia El%C3%A9trica 2017-2026_VF.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/DEA_001_2017_-_Proje%C3%A7%C3%B5es_da_Demanda_de_Energia_El%C3%A9trica_2017-2026_VF.pdf)

Fundação Comitê de Gestão Empresarial – FUNCOGE. (2018). Evolução dos dados por ano do setorelétrico para empresas contratante e terceirizadas entre os anos de 2004 a 2016 em relação ao número de acidentes fatais. Rio de Janeiro: FUNCOGE. Retrieved in 2018, June 4, www.estatisticas.funcoge.org.br/Home/Privacy

Instituto Nacional de Seguridade Social – INSS. (2017). Custos acidentes de trabalho em 2016. Retrieved in 2017, July 25, from <http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/>

Instituto Nacional de Seguridade Social – INSS. (2018). Quantidade de acidentes de trabalho, por situação do registro e motivo, segundo Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), no Brasil- 2014/2016. Retrieved in 2018, June 4, from <http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/dados-abertos-sst/>

Koustellis, J. D., Halevidis, C. D., Polykrati, A. D., & Bourkas, P. D. (2013). Analysis of a fatal electrical injury due to improper switch operation. *Safety Science*, 53, 226-232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2012.10.005>

Marhavidas, P. K., Koulouriotis, D. E., & Spartalis, S. H. (2013). Harmonic analysis occupational – accident time – series a part of the quantified risk evaluation in worksites: application electric power industry and construction setor. *Reliability Engineering & System Safety*, 112, 8-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.res.2012.11.014>

Miranda, L. C., & Sica, Y. (2017). Gestão do sistema de segurança do trabalho baseado na norma OHSAS e na NR-10. *Linguagem Acadêmica*, 7(2), 85-95

Nonnenmacher, L., Costella, M. F., Costella, M. M., & Saurin, T. A. (2017). A framework to select innovations in patents to improve temporary edge protection systems in buildings. *Ambiente Construído*, 17(3), 137-151. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000300167>.

Occupational Health and Safety Assessment Series – OSHA. (2018). United States Labor Accident Statics 2016. Retrieved in 2018, June 4, from <https://www.osha.gov/oshstats/commonstats.html>

Peñaloza, G. A., Formoso, C. T., & Saurin, T. A. (2015). Avaliação de requisitos de desempenho de Sistemas de Proteção Periférica (SPP). *Ambiente Construído*, 15(4), 267-289. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400050>

Roberts, D. T. (2016). Risk assessment and your electrical safety program performance at the organizational and worker levels. *IEEE Industry Applications Magazine*, 16(3), 33-39. <http://dx.doi.org/10.1109/MIAS.2015.2459120>

Tavares, J. C. (2012). *Noções de prevenção e controle de perdas* (8. ed.). São Paulo: Senac.

Zhao, D., McCoy, A., Kleiner, B., & Feng, Y. (2016). Integrating safety culture into OSH risk mitigation: a pilot study on the electrical safety. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(6), 800-807. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2014.914099>

Русская версия:

Управление рисками при строительстве электрических подстанций

Аннотация: Строительство электрических подстанций сопряжено с большим количеством рисков из-за опасной окружающей среды. Целью данной работы является оценка восприятия строительными работниками рисков, методов, используемых ими для оценки и управления рисками, которым они подвергаются. В данном исследовании проведен качественный и количественный анализ при расширении одной электрической подстанции, добавлении дополнительного силового трансформатора мощностью 100 МВА. Риски были идентифицированы и проанализированы с помощью предварительного анализа рисков (PRA). Кроме того, была создана анкета по безопасности строительства, которая была применена ко всем 27 рабочим, участвовавшим в строительстве. Результаты показали, какие виды деятельности присутствуют при строительстве подстанции, какие риски задействованы и как ими управлять. Было обнаружено, что среди нескольких наиболее часто используемых инструментов анализа являются ПРА и контрольные списки. Далее была обнаружена связь между обучением и восприятием риска. Среди предполагаемых рисков были: шум, работа на высоте, удары током, дорожно-транспортные происшествия, ядовитые животные, пыль, пожар и взрывы. Вывод этого исследования состоял в том, что строительство электрических подстанций несет в себе ряд рисков безопасности и что инструктаж рабочих позволяет эффективно управлять рисками, а также может снизить количество несчастных случаев при этом виде трудовой деятельности.

Ключевые слова: безопасность труда; гражданское строительство; передача электрической энергии подстанциями; электрическая энергия; оценка профессиональных рисков

1 ВВЕДЕНИЕ

Спрос на электроэнергию имеет глобальную тенденцию к росту. В Бразилии даже несмотря на рецессию в последние годы, спрос продолжает расти. Дальнейшие перспективы эволюции потребления электроэнергии зависят от некоторых допущений и возможных макроэкономических сценариев. Для того чтобы обеспечить потребителей поставками и качеством, требуются определенные инвестиции для улучшения его инфраструктурных работ в секторе генерации и передачи электроэнергии. По данным Бразильской энергетической исследовательской компании прогноз потребления электроэнергии для жилых, промышленных и коммерческих потребителей в Бразилии заключается в том, что оно должно увеличиться с 450 ГВт-ч в 2016 году до 700 ГВт-ч в 2026 году. По оценкам бразильского правительства, в период с 2015 по 2018 год в строительство газотранспортных систем будет инвестировано 39 млрд брл (0,42 млрд долларов США). Большинство компаний, ответственных за строительство, еще предстоит нанять, в то время как в настоящее время по контракту уже заключено около 22 миллиардов брл (6,94 миллиарда долларов США).

В секторе передачи электроэнергии строительные работы для новых подстанций и линий электропередачи или расширение существующих объектов, как правило, санкционируются Бразильским Национальным агентством по электроэнергетике (Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL) путем проведения аукционов передачи в рамках концессионного режима, санкционирующих резолюций или разрешительных контрактов. В строительном секторе задействовано большое количество рабочих, которые занимаются строительством электрических подстанций. По мере внедрения в гражданском строительстве новых технологий (автоматизация, телемеханика, телемеханика и компьютеризация) происходят значительные изменения в организации работ, включая аутсорсинг, добавление кооперативов и добровольных планов резервирования. Эти изменения нанесли значительный ущерб работникам, поскольку привели к росту безработицы и отсутствию

условий охраны труда и техники безопасности. В результате в строительной отрасли возросло число несчастных случаев на производстве, связанных с электрическим риском, что является лишь одним из многих рисков, возникающих при строительстве, расширении и реконструкции электрических передающих подстанций.

Строительные работы на подстанциях электропередачи включают в себя риски, связанные с электроэнергией, в дополнение к физическим, химическим, эргономическим и обычно представляют собой риски, связанные со строительством. По данным Barkokébas (2014), 28% несчастных случаев в строительстве были связаны с падениями, 17% - с падениями с высоты и 2,8% - с поражением электрическим током. Однако эти 2,8% составляли 50% смертельных случаев. Для Робертса электричество-это вездесущий риск; им нужно управлять иначе, чем любым другим видом риска. Работы по расширению или близлежащим службам вокруг энергоустановок ведутся в присутствии высоковольтного электричества со значениями от 69кВ до 750кВ, которые являются смертельными для человека. В этом сценарии работы могут легко произойти электрические аварии, представляющие собой значительные причины профессиональных смертельных случаев в мире.

В Бразилии в 2016 году по сравнению с предыдущим годом произошло увеличение числа несчастных случаев и заболеваний, связанных с работой, что обошлось Национальному институту социального обеспечения дополнительно в 4,2 миллиарда рублей (1,33 миллиарда долларов США). Во избежание несчастных случаев анализ рисков широко используется в различных отраслях.

Индивидуальный метод может не дать оптимальных результатов оценки риска для рабочих. Можно назвать несколько инструментов анализа, которые призваны облегчить исследование и направить на соответствующие контрольные действия. В соответствии с требованиями законодательства руководящие принципы управления охраной труда и промышленной безопасностью как часть системы качества обязывают работодателя поощрять здоровье и добросовестность работников, включая этапы от внедрения до технического обслуживания систем.

Тем не менее, несмотря на наличие законодательных требований, разработанных инструментов и методов управления безопасностью труда, число несчастных случаев и заболеваний, связанных с работой, продолжает расти. Будущие тенденции показывают, что требования к электричеству будут продолжать расти, создавая потребность в строительстве новых электростанций и, следовательно, оставаясь высоким риском для тех, кто их строит. Существует острая необходимость в улучшении условий безопасности при строительстве подстанций передачи электрической энергии с целью повышения безопасности и охраны здоровья задействованных работников. Цель этой работы заключается в том, чтобы оценить восприятие строительными рабочими рисков, которым они подвергаются, исследовать, какие методы они используют для оценки и управления этими рисками. Далее цель состояла в том, чтобы обсудить и сравнить эти результаты с имеющимися в настоящее время данными о несчастных случаях и заболеваниях, связанных с работой, и, наконец, дать предложения по улучшению безопасности и гигиены труда.

2 Библиографический обзор

Библиографический обзор был проведен с целью обзора современных знаний и информации по безопасности строительных работ в электротехнической отрасли. Обзор проводился на основе статистических данных об авариях при строительстве в электротехническом секторе и бразильских нормативных норм. Кроме того, обзор

проводился в 8 базах данных: Academic Search Complete; Cite Seer; Library Information Science and Technology Abstracts, Scopus, Web of Science; IEEE explore; Science Direct; и PubMed/Medline. Для целей поиска были использованы ключевые слова и выражения: “строительство”; “подстанции”; “передача”; “риски”; “предупреждение аварий”; “методы анализа рисков”; “профессиональные риски”; “безопасность в электроустановках”; итогом которых стало 11 статей.

2.1 Глобальные данные о несчастных случаях на производстве в электроэнергетике

В Соединенных Штатах в 2016 году из 4693 несчастных случаев на производстве в частных отраслях 991 (21,1%) был связан со строительством. Основными причинами смертей (за исключением дорожно-транспортных происшествий) в строительной отрасли были падения (38,7%), за которыми следовали удары предметом (9,4%), поражение электрическим током (8,3%) и застревание между ними (7,3%) (OSHA, 2018).

В Великобритании в 2017 году смертельные травмы в строительной отрасли составляли 30% всех смертельных травм, связанных с работой, а поражение электрическим током - 8% всех причин.

По данным Международного фонда электробезопасности, самый высокий уровень поражения электрическим током наблюдается среди строительных подрядчиков. В Соединенных Штатах Агентство статистики труда зарегистрировало электричество в качестве основной причины смерти в период с 2003 по 2011 год, зафиксировав 40% случаев.

Тем не менее, хотя строительная отрасль несет ответственность за большое количество несчастных случаев со смертельным исходом, важно учитывать, что в ней также занято большое количество рабочих. Согласно среднегодовому показателю с 2012 по 2017 год, в пересчете на число погибших на 100 000 занятых работников, показатель смертельного травматизма в строительной отрасли составил 1,82, в то время как для сельскохозяйственной отрасли - 8,44, а для мусороперерабатывающей промышленности - 6,80.

2.2 Бразильские данные о несчастных случаях на производстве в электроэнергетике

Бразильские данные о несчастных случаях на производстве регистрируются в документах, выданных компаниями. Документ основан на процедуре подготовки Сообщения о несчастных случаях на производстве и рассматривает как несчастные случаи на производстве, так и профессиональные заболевания. Правила определены нормой NBR 14280, устанавливающей критерии регистрации, связи, статистики, расследования и анализа несчастных случаев на производстве, их причин и последствий.

Существует два основных регистра, связанных с бразильским электротехническим сектором, по несчастным случаям на производстве, рассматривающим этапы производства, передачи и распределения электрической энергии. К ним относятся: статистический ежегодник несчастных случаев на производстве (Национальное агентство по налоговому администрированию), подготовленный Министерством труда и занятости; и статистический отчет о несчастных случаях в бразильской электроэнергетике, подготовленный Комитетом по управлению фондом.

2.2.1 Статистический ежегодник несчастных случаев на производстве

Статистика несчастных случаев на производстве может быть представлена в соответствии с некоторыми критериями, такими как Международная классификация заболеваний (МКБ) и Бразильская национальная классификация экономической деятельности. Национальная классификация видов экономической деятельности является стандартом, официально принятым Национальной статистической системой. Однако конкретного кодекса хозяйственной деятельности электрической энергетической подстанции не существует. Строительство Электрической подстанции включает в себя несколько видов деятельности, каждая из которых имеет свой Национальный классификационный код.

Например, Национальный классификационный код 4321 представляет собой несчастные случаи в электроэнергетике (рис. 1). На этом рисунке было отмечено, что некоторые несчастные случаи были зарегистрированы, в то время как другие не были зарегистрированы. Несчастные случаи были разделены по типам: трудовая болезнь; поездки на работу; и типичные несчастные случаи. В период с 2014 по 2016 год было зафиксировано небольшое снижение, но все же показывающее высокие значения. В течение 2016 года аварии в электроэнергетике происходили ежедневно, что подчеркивало необходимость принятия мер по их минимизации.

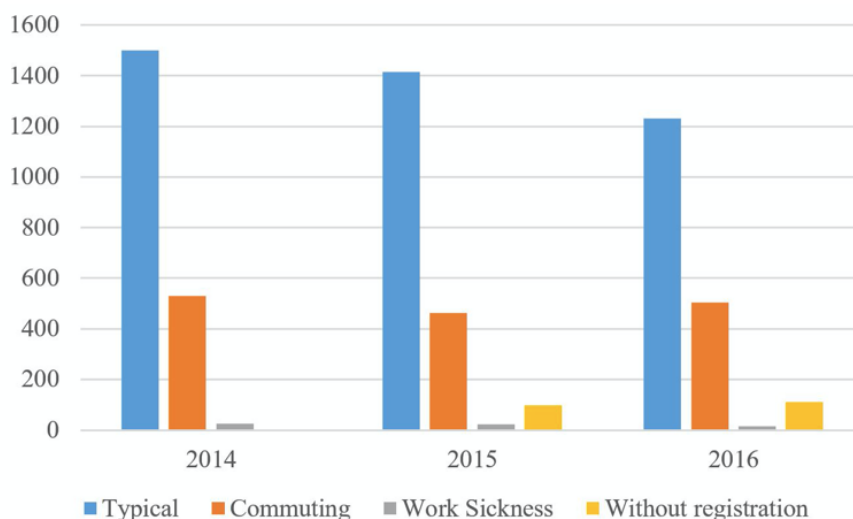


Рисунок 1 - Несчастные случаи на производстве в электроэнергетике

На рисунке 2 представлены данные Бразильской ассоциации по осознанию опасности электричества в отношении числа смертельных и несмертельных несчастных случаев, вызванных поражением электрическим током в Бразилии в период с 2003 по 2017 год.

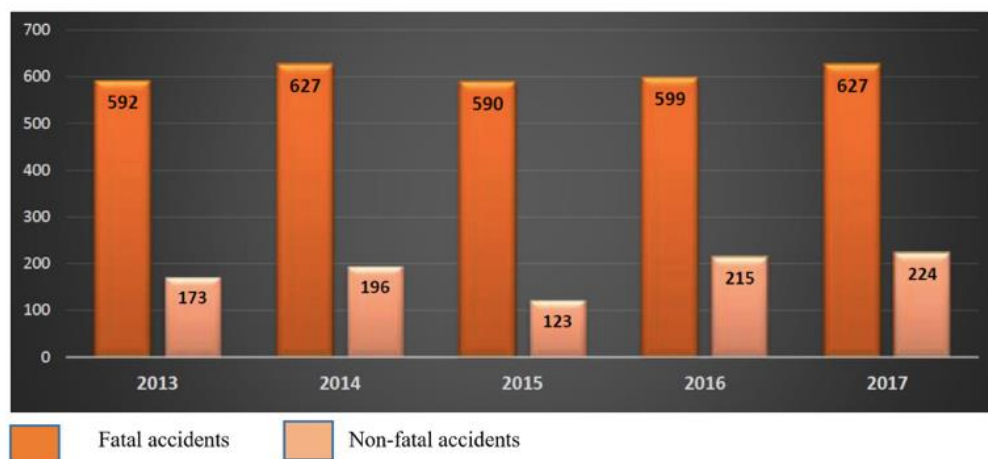


Рисунок 2 - Общее число аварий электрического происхождения в Бразилии с 2013 по 2017 год

По сравнению с числом несчастных случаев со смертельным исходом в Бразилии за последние годы, в 2016 и 2017 годах наблюдается рост. Как видно из рисунка 2, число зарегистрированных несчастных случаев со смертельным исходом значительно превышает число несчастных случаев без летального исхода. Это можно объяснить большим количеством не зарегистрированных несчастных случаев со смертельным исходом, в то время как все смертельные случаи, как правило, регистрируются.

2.2.2 Статистический отчет об авариях в бразильском электроэнергетическом секторе

Фонд Комитета по управлению публикует отчеты с 1977 года. Отчеты служат инструментом управления для компаний электротехнического сектора. На рисунке 3 показано количество типичных несчастных случаев со смертельным исходом, произошедших в бразильском электроэнергетическом секторе с 2004 по 2016 год между компаниями, производящими и передающими электроэнергию. В этот период электроэнергетика была отраслью с большим количеством несчастных случаев со смертельным исходом.

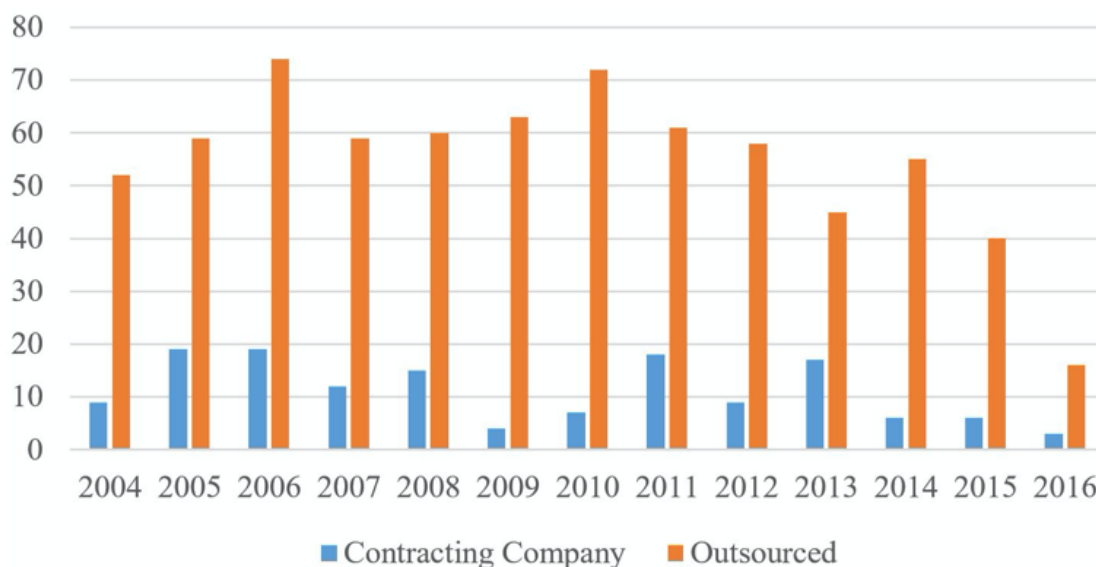


Рисунок 3 - Количество несчастных случаев со смертельным исходом в электроэнергетике для подрядных и аутсорсинговых компаний в период с 2004 по 2016 год

На рисунке 3 показаны данные Funcosge о количестве несчастных случаев со смертельным исходом в электроэнергетике для подрядных и аутсорсинговых компаний в период с 2004 по 2016 год. Вертикальная ось представляет количество смертельных травм, в то время как горизонтальная ось представляет годы, в которые произошли смертельные несчастные случаи.

Количество несчастных случаев в аутсорсинговых компаниях с годами сокращается-с 74 в 2006 году до 16 в 2016 году. Тем не менее, количество несчастных случаев со смертельным исходом в аутсорсинговых компаниях по-прежнему велико по сравнению с подрядными компаниями.

2.3 Электрические подстанции

Подстанция электрической энергии-это установка, состоящая из набора оборудования, используемого для управления, изменения, управления, распределения и направления потока электроэнергии в электрической системе. Он выполняет одну или несколько следующих функций: маневрирование, позволяющее подключать и отключать электрооборудование; преобразование, позволяющее увеличивать или уменьшать уровни напряжения в зависимости от работы электросистемы; и распределение, позволяющее подразделению потока мощности удовлетворять различные питатели.

Сетевая подстанция в бразильской системе электропередачи имеет уровень напряжения 230 кВ. Деятельность в этой рабочей среде, в дополнение ко всем возможным рискам, присутствующим в строительной отрасли, включает также риски, связанные с высоковольтным электричеством, где любое неправильное обращение может привести к летальному исходу. При разработке строительных услуг необходимо привлекать специалистов из разных областей, чтобы обеспечить безопасность. В задачи строительства входит строительство баз различного оборудования, установка трансформаторов тока или трансформаторов потенциала, отключение выключателей и автоматических выключателей, строительство противопожарных стен, электромеханическое оборудование и наладка высоковольтных шин, наладка и прокладка кабелей обесточенных и запитанных панелей.

2.4 Системы управления рисками и их оценки

Существует несколько национальных и международных законов, касающихся этого вопроса. Серия оценок охраны труда и техники безопасности представляет собой международный стандарт, устанавливающий требования, связанные с управлением охраной труда и техникой безопасности. Ожидается, что он будет заменен новой публикацией Международной организации по стандартизации. Целью риск-менеджмента является устранение рисков, а когда это невозможно, их минимизация. Согласно исследованию, в котором анализируются данные Международной организации труда (МОТ), 96% несчастных случаев можно было бы избежать, проанализировав инциденты или вероятные инциденты.

Во Франции Международная конференция по крупным высоковольтным электрическим системам (СИГРЭ) предложила создать рабочую группу на 2017 год с предложением изучить опыт компаний электротехнического сектора в связи с управлением рисками на подстанциях. Одной из основных задач является обеспечение безопасности на нескольких

этапах работы предприятия: строительство, эксплуатация и техническое обслуживание во время монтажа.

2.5 Методы анализа рисков

Существует несколько методик проведения анализа риска: “сбой режима и Следственного анализа”; анализ дерева отказов; “что если?”, что указывает на возможные риски; “Контрольные карты” (используется в повседневной деятельности на основе определенных параметров); “опасности и эксплуатации-возможность идентификационного исследования (проведения операций)”; и “предварительный анализ рисков (АТР)”.

3 ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Количественное и качественное исследование было проведено на Электрической подстанции, расположенной в Ресифи, Пернамбуку, Бразилия. Тип объекта - Воздушно-изолированная подстанция (АИС) мощностью 300 МВА. Строительные работы предполагают расширение новой трансформаторной секции вместе с сопутствующим оборудованием с целью увеличения пропускной способности.

В соответствии с “Планом консолидации передаточных работ” было принято решение о расширении объекта с целью увеличения мощности передачи электроэнергии дополнительно на 100 МВА. Национальное агентство по электроэнергетике разрешило внедрение четвертого трехфазного силового трансформатора 230/69кВ, 100МВА, который будет установлен наряду с другими существующими и работающими электрооборудованиями с уровнями напряжения 69кВ и 230кВ. Электрическая подстанция снабжена подъездными путями и зданиями, которые служат базой, подобно диспетчерской, в которой размещаются операторы, распределяются щиты защиты и щиты оборудования.

3.1 Процесс и деятельность строительства

Процесс строительства (проиллюстрированный на рис. 4) можно разделить на несколько видов работ: а) раскопки кабельных каналов; б) бетонирование оснований; в) строительство резервуара для удержания нефти; г) строительство противопожарной стены; д) заземление с помощью процесса экзотермической сварки.

Рисунок 4 – Строительная деятельность

а) Кабельные каналы необходимы для размещения всей проводки, необходимой для соединения внутреннего двора с соответствующими панелями защиты и управления, расположенными в диспетчерских и релейных рубках. Раскопки (рис. 4а) можно проводить вручную с помощью обычных

4a) cable-ducts excavations; 4b1) concreting the bases; 4b2) concreting the bases



4c) construction of oil basins; 4d) fire wall construction; 4e) grounding (exothermic welding)



инструментов (лопаты, кирки, экскаваторы и отбойные молотки) или механически (экскаваторы-погрузчики);

б) Бетонирование оснований необходимо для покрытия и защиты кабельной установки после завершения работ по основанию каркаса. Бетонирование (рис. 41, 424с) может осуществляться вручную с помощью тачки или непосредственно из бетономешалки;

в) Конструкция резервуара для удержания нефти должна содержать трансформаторную изолирующую жидкость от возможной утечки, избегая загрязнения почвы и грунтовых вод, а в случае пожара-не достигать частей подстанции. Этого требует бразильская стандартная норма NBR 13231, касающаяся противопожарной защиты на Электрических подстанциях, а также экологическое законодательство и пожарные службы. Бассейн (проиллюстрирован на рис. 4d) соединен между собой через конструкцию (сепараторный контейнер), позволяющую отделять воду от нефти. На этом предприятии уже был построен контейнер для маслоотделителя, и он был частью строительной площадки. Существовала взаимосвязь между новыми резервуарами защитной оболочки, новым трансформатором и реактором с существующим контейнером маслоотделителя;

г) Противопожарная конструкция обязана выступать в качестве барьера при пожаре и взрывах в любом электрическом трансформаторе, сдерживая распространение огня на другие агрегаты. Конструкция (проиллюстрированная на рис. 4) выполнена из предварительно отлитых бетонных плит, покрытых антитермическим материалом, необходимым для того, чтобы быть выше трансформатора, достигающего высоты более 10 метров;

е) Заземление в процессе экзотермической сварки должно выполняться с особой осторожностью относительно контура грунта на подстанции, находящейся под напряжением. Рабочие найдут существующий грунт во время земляных работ, которые в нормальных условиях не должны представлять опасности для рабочих. Тем не менее, в случае короткого замыкания могут циркулировать большие токи, что создает опасность несчастных случаев.

3.2 Участники

Как объяснялось в предыдущей главе, процесс строительства включал в себя различные виды деятельности. Деятельность осуществлялась профессионалами из разных областей знаний, от плотников и каменщиков до техников и инженеров. Всего в опросе приняли участие 27 рабочих: инженеры-строители (3); инженеры-электрики (1); инженеры по технике безопасности (2); техники безопасности (5); электротехники (1); строительные техники (1); рабочие, выполняющие железобетонные работы (1); плотники (2); гражданские рабочие (1); операторы экскаваторов (1); каменщики (4); рабочие отбойных молотков (1.); помощник каменщика (1); помощник электрика (1); общий помощник (2); помощники строителя (2). Из опрошенных участников 17 были штатными работниками Электрической подстанции (принадлежащей наемной компании), а 10-работниками подрядной компании.

3.3 Методы

Для анализа рисков в данном исследовании использовалась методика предварительного анализа рисков. Эта методика позволяет анализировать риски сознательно и предвосхищенно, позволяет оценивать события с более высокой опасностью и рисками

(Таварес, 2012), выявлять их причины и последствия, наконец, иметь возможность устанавливать плановые меры контроля.

Для целей исследования была разработана анкета. Вопросы были основаны на литературе, посвященной экологическим и аварийным рискам, инструментам анализа рисков, мерам контроля и тренингам, полезным для этих видов операций. Он включал 21 вопрос, касающийся идентификации работников, профессии, истории болезни, пройденных ими тренингов, того, как они планируют и организуют свою работу, рисков, которым они подвергаются, оборудования и мер безопасности, которые они используют, а также общей удовлетворенности своей безопасностью труда.

В анкете оценивались представления работников о профессиональных опасностях, осведомленность о вопросах безопасности и рисках, связанных с развитием их деятельности, принятие работниками инструментов анализа рисков и мер контроля. Кроме того, проводимые мероприятия были фотографически зафиксированы для идентификации рисков и сопоставления их с данными, которые будут использоваться при дальнейшем анализе данных.

3.4 Анализ данных

Все собранные данные были проанализированы с помощью статистического инструментария Excel, оценивающего восприятие рисков работниками, что позволило сравнить полученные данные с ранее проведенными исследованиями.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты анкетного опроса были проиллюстрированы на следующих рисунках. Рабочие выполняют работы на открытом воздухе, который называется внутренним двориком под напряжением оборудования (где представленные риски сильно присутствуют), а в офисах - те, кто работает в планово - инспекционной деятельности.

На рисунке 5 показаны рабочие по их трудовому стажу (от 0 до 10 лет). Как можно было заметить, 5 (19,2%) имели стаж работы более 15 лет, 7 (26,9%) - от 10 до 15 лет, 1 (3,8%) - от 5 до 10 лет, 4 (15,4%) - от 1 до 5 лет, а 9 (34,6%) - менее 1 года. На рис. 6 показано, что 14 (52%) опрошенных работников имели более чем 5-летний профессиональный стаж.

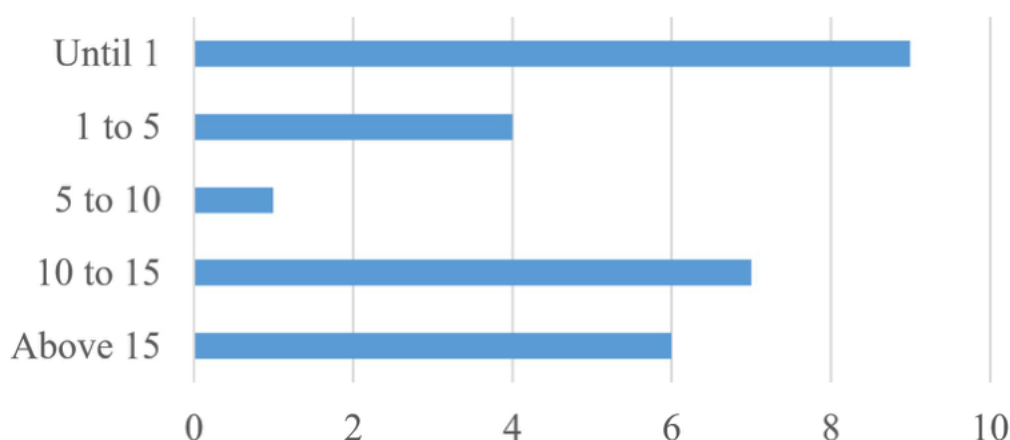


Рисунок 5 – Распределение опрошенных работников по стажу работы в годах

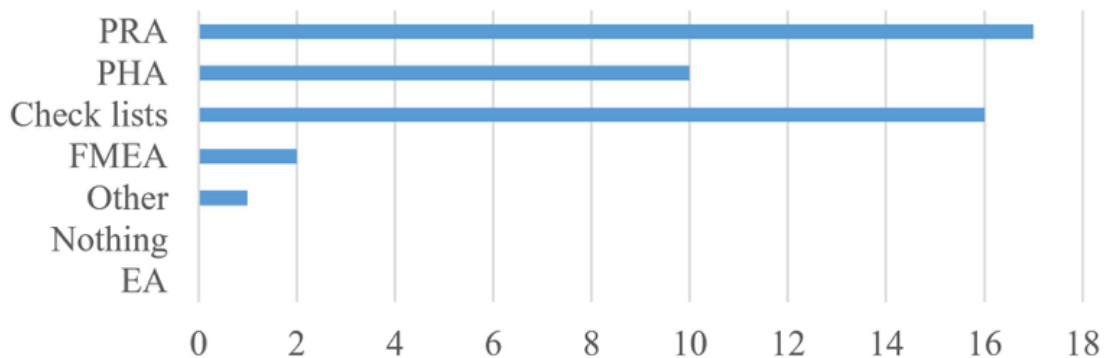


Рисунок 6 – Использование инструментов анализа рисков

Как показано на рисунке 5, почти половина работников (13/27, 48%), участвовавших в этом проекте, имели более чем 10-летний опыт работы.

На рисунке 6 показаны наиболее часто используемые инструменты анализа рисков. Как можно было заметить, Предварительный анализ рисков (PRA) использовали 17 работников, Предварительный анализ рисков (PHA) - 10, контрольные списки-16, Анализ способов и эффектов (FMEA) - 2, другие инструменты-1, при этом не было зафиксировано никаких ответов об использовании Анализа ошибок (EA) и невозможности сообщить, что именно используется.

На рисунке 7 показано, какие тренинги и тренинги по охране труда и гигиене труда проводились рассматриваемыми работниками. Как можно было заметить, все 27 прошли обучение по электробезопасности (№10), 16-по строительной безопасности (№18), 15-по работе на высоте (№35), 8-по технике безопасности с механическим оборудованием (№12), 7-по пожарной безопасности (№23), 6-по технике безопасности сигнализации (№26), 3-по работе с легковоспламеняющимися и горючими материалами (№20) и работе на открытом воздухе (№21), 1-по нездоровым операциям (№ 15).

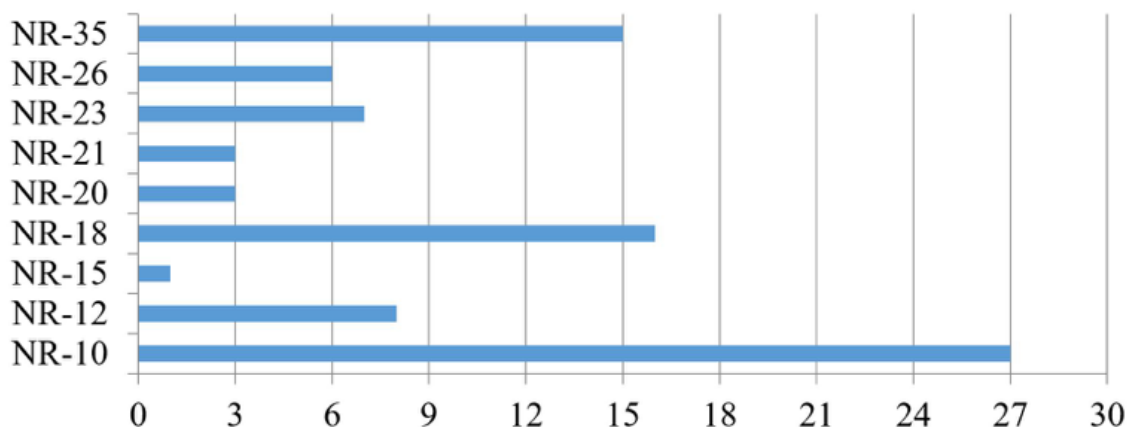


Рисунок 7 – Количество тренингов и обучений по бразильским нормативным нормам.

NR представляет собой бразильскую нормативную норму (Norma Regulamentadora)

На рисунке 8 показано, какие средства индивидуальной защиты (СИЗ) чаще всего использовались рассматриваемыми работниками. Как можно было заметить, было оценено использование 15 различных СИЗ.

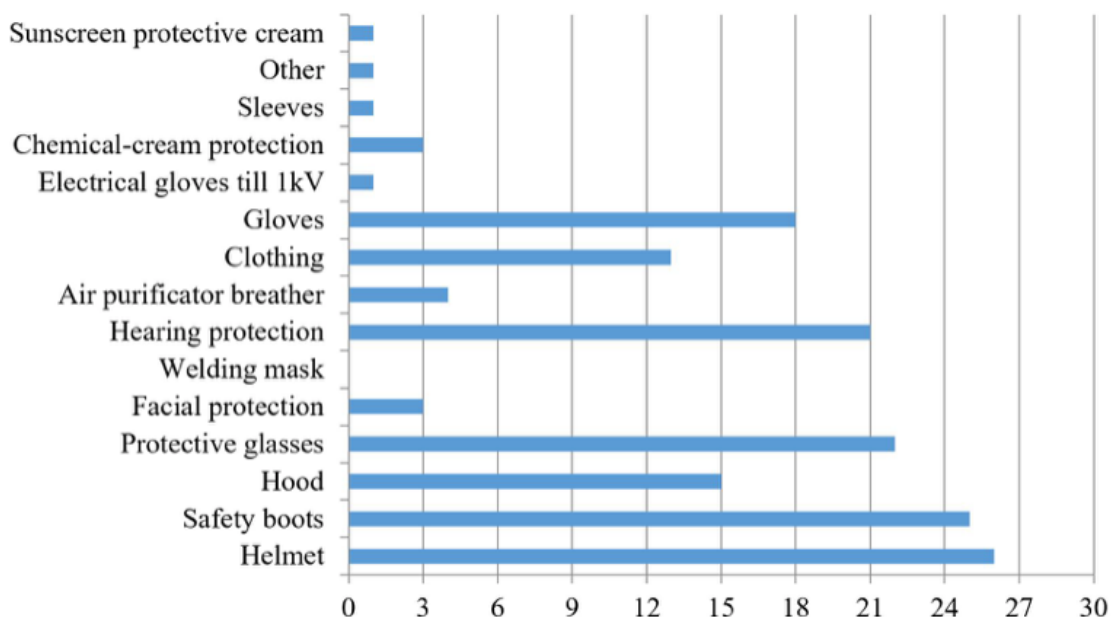


Рисунок 8 – Средства индивидуальной защиты, используемые рабочими

В основном использовались СИЗ: шлем (26 рабочих), защитные ботинки (25), очки (22), сварочная маска (21), соответствующая одежда (18), капюшон (15), очиститель воздуха (13), защита слуха (4), защита лица (3), электроизоляционные перчатки (3), перчатки (1), кремевая защита от агентов (1), рукава (1), прочее (1), солнцезащитный защитный крем (0).

Рисунок 9 иллюстрирует восприятие рабочими решений по обеспечению безопасности, присутствующих на строительной площадке. В общей сложности была обнаружена одна защитная сетка, 2 знака безопасности, 4 сетки безопасности, 5 ограждений, 16 барьеров, 5 электрических частей с изоляцией и 25 сигнализаций безопасности.

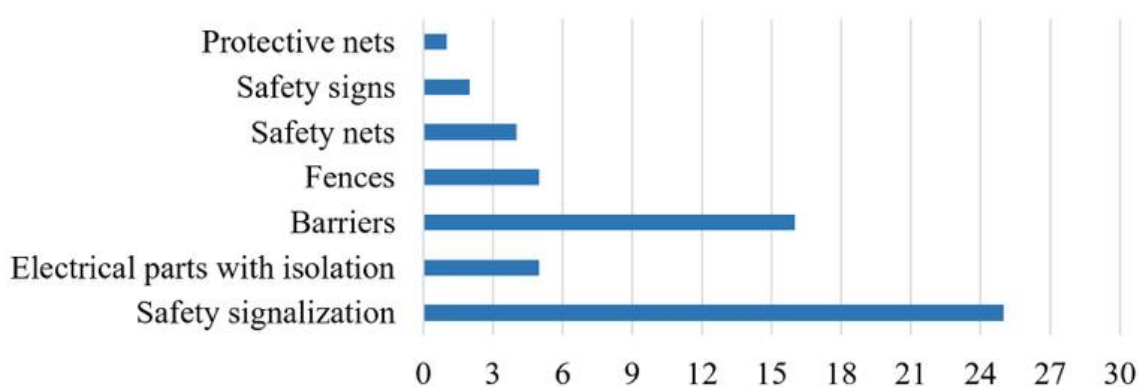


Рисунок 9 – Восприятие рабочими решений по обеспечению безопасности на строительной площадке

На рисунке 10 показан список из 22 рисков для безопасности труда и здоровья, выявленных/воспринятых работниками.

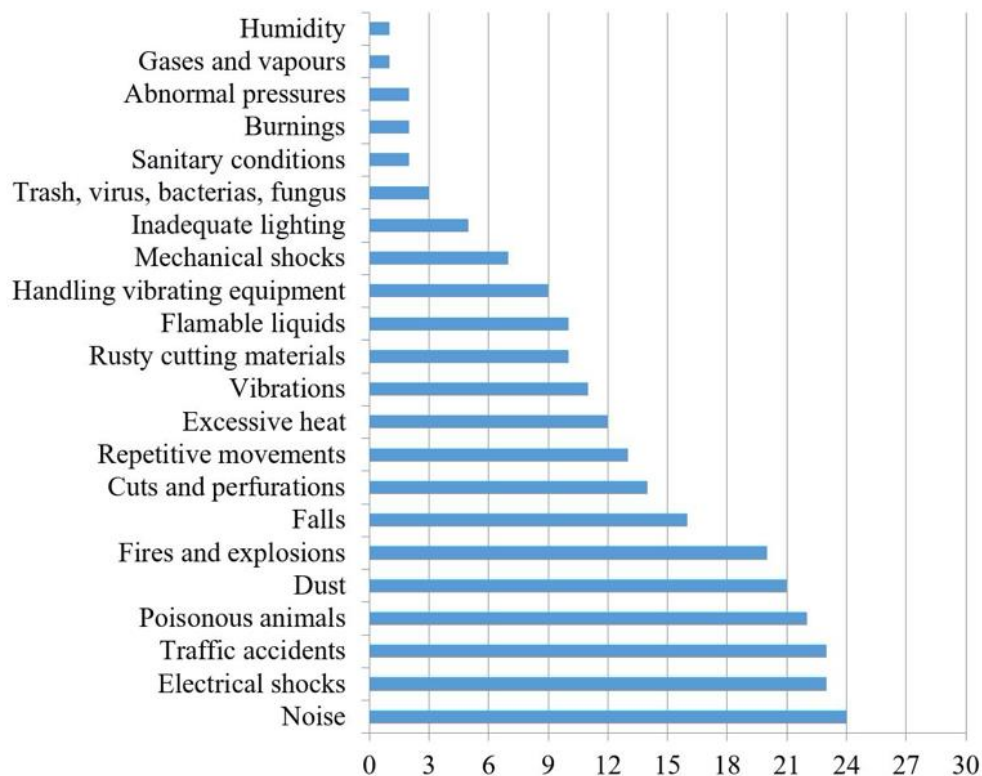


Рисунок 10 – Идентификация рисков для безопасности и здоровья на производстве

Среди различных рисков, присущих этой строительной деятельности, большинство рабочих признали: шум (88,9%); поражение электрическим током (85,2%); дорожно-транспортные происшествия (85,2%); ядовитые животные (81,5%); пыль (77,8%); пожары и взрывы (74,0%); и падения (59,3%).

5 ОБСУЖДЕНИЕ

Хотя строительная отрасль обычно сопряжена с большим количеством рисков, этот вид строительства сопряжен еще с большим. Поэтому необходимо адекватно оценивать риски, чтобы все работники проходили обучение, умели воспринимать высокие риски и защищать их адекватными СИЗ. Работники должны были пройти специальную подготовку (в соответствии с нормативными нормами, установленными Бразильским министерством труда и занятости) в зависимости от их должностной инструкции и вида деятельности, которую они осуществляют. Как показано на рис. 7, 100% работников прошли обучение по электробезопасности (№10). Это было ожидаемо, так как нынешние строительные работы велись в энергоблоках. Более 60% сотрудников прошли обучение по безопасности строительства (№18). Поскольку работы часто выполнялись на высоте более 2 метров от уровня земли, 55% рабочих прошли обучение работе на высоте (NR 35). Другие тренинги имели более низкую частоту участия.

Как показано на рис. 8, наиболее часто применяемыми СИЗ были шлемы (96%) и защитные ботинки (92%). Это может быть связано с обязательными требованиями бразильского законодательства ко всем присутствующим на строительных площадках. Примерно 30% опрошенных сотрудников предложили тренироваться с меньшими перерывами для получения новых соответствующих знаний, чтобы правильно выполнять свои задачи, а также запрашивать некоторую нагрузку с практическими занятиями на тренингах. Обычно работники проходят обязательное обучение, но в дополнение к этому дополнительные

тренинги, такие как лекции, могут способствовать повышению осведомленности и минимизации рисков.

5.1 Инструменты анализа рисков

Инструменты анализа рисков всегда должны опираться на хорошие методы управления безопасностью полетов (Bridi et al., 2013). Анализируя риски в процессе строительства такого типа, было проведено несколько анализов. Раскопки кабельных каналов можно было бы сделать быстрее с помощью механических инструментов, тем не менее движение экскаваторов-погрузчиков представляет еще один вид риска, так как их копья могут приблизиться или даже коснуться высоковольтных шин. Поэтому перед любой рабочей деятельностью необходимо провести предварительную оценку рисков. После завершения раскопок важно применить адекватные меры защиты от падения вокруг всех ям и канав. В процессе бетонирования оснований необходимо использовать бетонные вибраторы для улучшения уплотнения бетона. Важно, чтобы все электрооборудование было заземлено и соответствовало бразильской стандартной норме NBR 5410 (ABNT, 2008). Строительство противопожарных стен требует использования строительных лесов, чтобы рабочие могли помочь при укладке предварительно отлитых плит. Поскольку работы ведутся на высотах, необходимо тщательно планировать рабочую деятельность и применять меры защиты от падения (Nonnenmacher et al., 2017; Peñaloza et al., 2015). Плиты можно было поднять на нужную высоту ручным способом или с помощью автокрана. Эта деятельность представляет большой риск поражения электрическим током из-за наличия движущихся частей в непосредственной близости от силовых трансформаторов. Для заземления через экзотермическую сварку следует применять несколько профилактических мер. Все элементы должны быть предварительно идентифицированы, и сотрудники не должны иметь никакого контакта с почвенным контуром. В службах расширения контура грунта каждая новая деталь должна изготавливаться самостоятельно, оставляя взаимосвязь с существующей деталью для последнего этапа работ. Эта деятельность несет в себе риск горения для рабочих, как только экзотермический припой используется для создания соединений. Другой риск заключается в том, что рабочие могут сжать руки или получить травму лица при работе на заземлении.

Результаты анкетирования по наиболее часто используемым методам анализа рисков (как показано на рис. 6) показывают, что это были: Предварительный анализ рисков (ПРА); контрольные списки; и Предварительный анализ рисков (ПГА). Причины использования ПРА могут быть связаны с теми же причинами, по которым авторы выбрали ее (она анализирует и предвидит риски, она устанавливает план с помощью мер контроля). Как показано на рисунке, работники обычно используют более одного инструмента анализа рисков. В работе следует использовать методы анализа рисков и пытаться анализировать рабочую деятельность поэтапно (Cambraia et al., 2008).

5.2 Связь между обучением, восприятием риска и использованием СИЗ

Таблица 1 была создана для того, чтобы облегчить обсуждение данных, показанных на рис. 7 о тренингах, которые проводили работники, Рис. 8 о СИЗ, которые они использовали, и рис. 10 об их восприятии риска. Поскольку ответы были получены от 27 работников, собранные данные были разделены на три основные группы: высокая численность (группа 1, от 19 до 27); средняя численность (группа 2, от 10 до 18); и низкая численность (группа 3, от 1 до 9).

Таблица 1 – Связь между собранными данными

Groups	Nr	Undertaken trainings	Nr	Risk Perception	Nr	PPE in use
Group 1 (from 19 to 27 workers)	27	electrical safety (NR 10)	24	noise	26	helmet
			23	electrical shocks	25	safety boots
			23	traffic accidents	22	protective glasses
			22	poisonous animals	21	welding mask
			21	dust	18	appropriate clothing
Group 2 (from 10 to 18 workers)			20	fires and explosions		
	16	construction safety (NR 18)	16	falls	15	hood
	15	working at heights (NR 35)	14	cuts and perforations	13	air purificator
			13	repetitive movements		
			12	excessive heat		
			11	vibrations		
Group 3 (from 0 to 9 workers)			10	rusty cutting materials		
			10	flammable liquids		
	8	safety with mechanical equipment (NR 12)	9	handling vibrating equipment	4	hearing protection
	7	fire safety (NR 23)	7	mechanical shocks	3	facial protection
	6	safety signalization (NR 26)	5	inadequate lighting	3	electrical isolation gloves
	3	working with flammable and combustible materials (NR 20)	3	trash, virus, bacteria, fungus	1	gloves
	3	working outdoor (NR 21)	2	sanitary conditions	1	cream protection against agents
	1	unhealthy operations (NR 15)	2	burnings	1	sleeves
		2	abnormal pressures	0	sunscreen protective cream	
		2	gasses and vapours			
		2	humidity			

Как видно из таблицы 1, большое количество рабочих было обучено электробезопасности, среднее-строительной безопасности и работе на высоте, а низкое-технике безопасности с механическим оборудованием, пожарной безопасности, сигнализации безопасности, работе с легковоспламеняющимися и горючими материалами, работе на открытом воздухе и нездоровым операциям. Некоторые риски, как, например, ненормальное давление, воспринимались рабочими. Этот тип ответов следует исключить из рассмотрения, поскольку все виды деятельности разрабатывались под нормальным давлением и могли быть оправданы тем, что работники не понимали вопроса или темы.

5.2.1 Нездоровые операции

На следующем рисунке 11 показаны данные, относящиеся к обучению нездоровой эксплуатации (№15), и они сравниваются с восприятием риска каждого фактора, рассматриваемого в этом обучении (синие столбцы), и процент работников, которые использовали СИЗ для защиты от каждого из этих рисков.

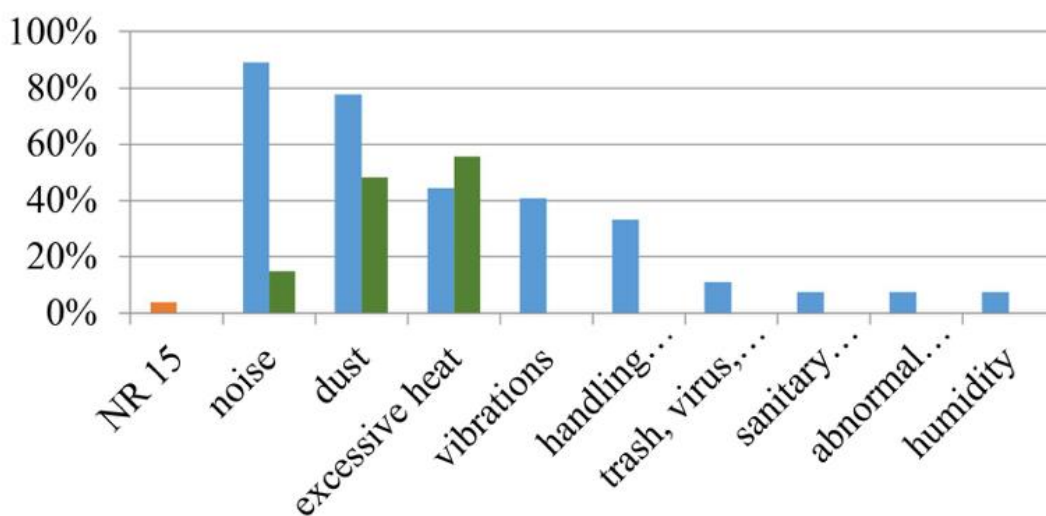


Рис. 11 Нездоровые операции

Как видно из рисунка 11, процент работников, подготовленных для нездоровых операций, был очень низким. В этой группе рисков они часто воспринимались большим числом работников, но те, которые могли быть связаны с непониманием риска (не обучены). Далее, хотя рабочие и воспринимали риски, они часто не носили адекватных СИЗ, чтобы защитить себя от этих рисков, что также могло быть связано с тем, что они не были обучены этому.

Риск восприятия шума был высоким (89%), хотя число работников, использующих средства защиты слуха, было низким (15%). На месте он возникает при различных видах деятельности, обычно вызванных транспортными средствами, проезжающими по дорогам вблизи строящегося района. Кроме того, шум возникает при включении дизельного аварийного генератора, который служит временным объектом на месте установки, или при работе с таким оборудованием, как трансформаторы, изоляторы, цементные смесители и др. Пыль воспринималась как риск со стороны большого числа рабочих (78%), но очистители воздуха использовались умеренно (48%). Пыль обычно присутствует на строительных площадках, поэтому для предотвращения попадания этого агента в дыхательную систему человека необходимо достаточное количество СИЗ.

Чрезмерная жара была признана умеренным числом рабочих (44%). Адекватная защита через ношение капюшонов, рукавов и нанесение солнцезащитного защитного крема также использовалась умеренно (56%). Как правило, строительные работы проводятся на открытом воздухе, подвергая рабочих воздействию высоких температур, что делает важную роль адекватной одежды. Для других агентов, показанных на рис. 11, они воспринимались как риски, но СИЗ не применялись.

Транспортные средства и оборудование, генерирующие высокую вибрацию, такие как: уплотнители; выключатели; экскаваторы; циркулярные пилы; шлифовальные станки; станки; мартелеты; отвертки или вилочные погрузчики; требуют адекватной защиты и использования средств защиты слуха. Воздействие этого риска должно оцениваться в соответствии с предельными значениями, указанными в нормативной норме NR 15, и в соответствии с областью тела, подверженной вибрации, указанной в технической норме по гигиеническим профессиональным стандартам (Norma de Higiene Ocupacional - ННО). СИЗ включают в себя антивибрационные перчатки (указанные в стандарте ISO 10819) и антивибрационные сиденья для транспортных средств. Другая мера заключается в проверке дефектных деталей и регулярном планировании технического обслуживания и обеспечении того, чтобы машины находились в хорошем состоянии.

5.2.2 Электробезопасность

На следующем рисунке 12 показаны данные, относящиеся к обучению электробезопасности (№10), и они сравниваются с восприятием риска поражения электрическим током и процентом работников, которые использовали электроизоляционные перчатки (СИЗ).

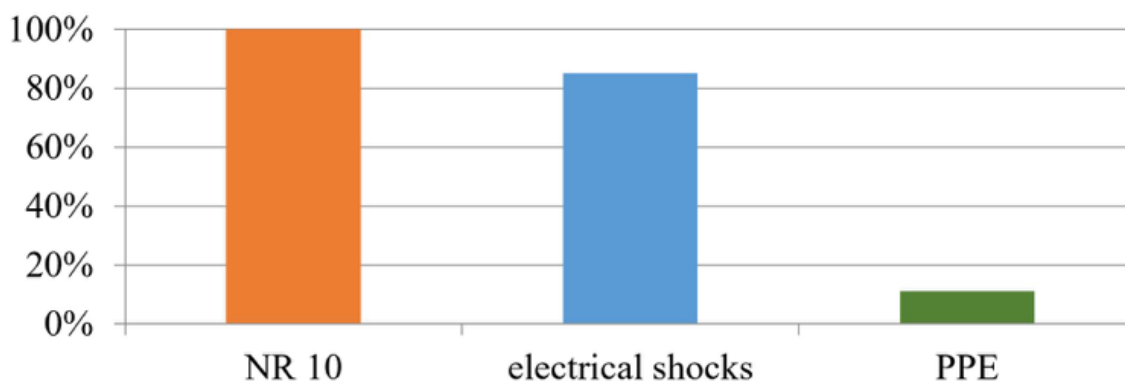


Рис. 12 Электробезопасность

Число работников, воспринявших поражение электрическим током как риск, соответствовало числу работников, прошедших обучение по электробезопасности (NR 10). Электроизоляционные перчатки использовались небольшим числом рабочих, что можно объяснить небольшим числом рабочих-электриков. Другие рабочие не делали этого СИЗ, так как избегали любых контактов такого типа. В этом случае электрический риск может быть оценен как самый высокий, а не только из-за того, что показывают статистические данные США (FUNCOGE, 2018) и предыдущие работы (Barkokébas, 2014; Roberts, 2016), но и в качестве рабочих, расположенных в этом районе с несколькими питаемыми устройствами с высоким уровнем напряжения. Последствия этого риска могут оказаться фатальными всего за несколько секунд. Риск включает в себя риск на маломощных участках электрических автобусов. Строительная деятельность электрических подстанций требует обучения электрическим рискам, независимо от функций работника.

5.2.3 Безопасность строительства

Следующий рисунок 13 иллюстрирует данные, относящиеся к обучению строительной безопасности (№18) и обучению работе на высоте (№35), и сопоставляет их с восприятием риска падений, пожаров и взрывов, электрических и механических ударов.

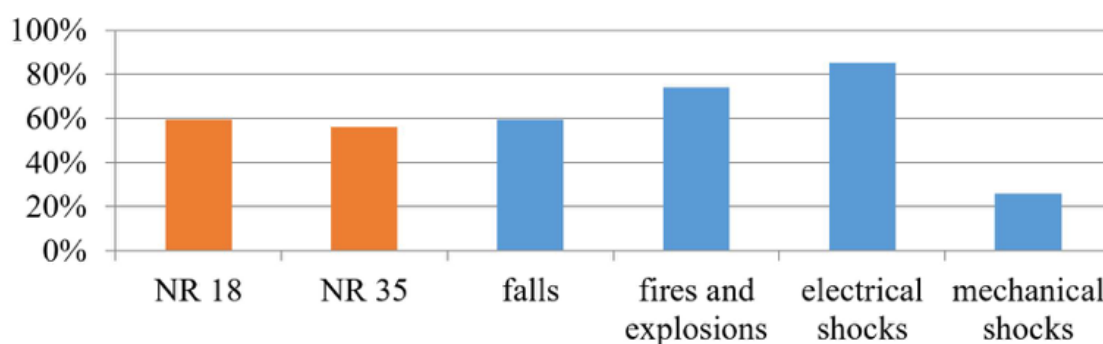


Рис. 13. Безопасность строительства.

Обучение по безопасности строительства (№18) и работе на высоте (№35) было умеренным (59% и 56% соответственно). Это соответствовало числу тех, кто воспринимает падения (59%) как важные риски для рассмотрения.

Пожары и взрывы могут возникать из-за отказов электрооборудования и механических ударов, а падения с высоты-из-за того, что рабочий ведет свою деятельность на высоте. Тем не менее, поскольку падения представляют собой высокий процент несчастных случаев и

случаев смерти (Barkokébas, 2014), ожидалось, что работники будут лучше воспринимать этот риск. Риск падения очень высок, так как работы ведутся на высотах выше 2 метров от уровня земли. В дальнейшем падения могут происходить через отверстия траншей для прохода ящиков и баз оборудования. Возможным решением является увеличение количества знаков безопасности. Обычная ситуация, которая вызывает неминуемый риск падения, - это наблюдение за рабочими, проходящими по коробчатым каналам через внутренний двор. Рабочий может упасть через “ложную” крышку, или крышка может разорваться из-за того, что она готова выдержать вес рабочего, вызывая у него скручивания, переломы или даже смерть. Это может привести к ненужным отпускам на длительные периоды времени. Кроме того, в дождливые периоды скользкие полы следует соответствующим образом чистить.

5.2.4 Другие вопросы безопасности

Было небольшое число работников, обученных пожарной безопасности, но восприятие риска пожаров и взрывов было представлено большим числом рабочих. Это можно было бы объяснить умеренным количеством тех, кто был обучен пожарной безопасности, но с помощью другого стандарта (например, обучение по безопасности строительства, которое включает в себя пожарную безопасность). Пожар и взрыв представляют собой высокий и очень серьезный риск. Достаточно понаблюдать за возведением огнеупорных стенок вокруг силовых трансформаторов, которые имеют функцию не распространять огонь и ограничивать фрагменты взорвавшегося оборудования вблизи его первоначальной площади. В случае пожара возможная неспособность изолировать какое-либо оборудование может привести к взрыву. Поэтому использование Средств личной безопасности и Общих средств безопасности является более чем фундаментальным.

Аналогичным образом, число лиц, обученных работе с легковоспламеняющимися и горючими материалами, было низким, в то время как восприятие риска было представлено средним числом работников. Легковоспламеняющиеся жидкости, такие как Дизельное топливо в Аварийной генераторной установке, требуют осторожности при обращении с ней или приближении к ней. Сигареты в этом районе строго запрещены, так как любая искра может вызвать катастрофический пожар, который может распространиться. Рекомендуется, чтобы все также были знакомы с использованием огнетушителей.

На третьем месте по восприятию риска оказались дорожно-транспортные происшествия. Работники осознают, что длительные поездки между их домами и рабочими местами создают риск дорожно-транспортных происшествий. Хотя это внешний фактор, важно учитывать его и давать работникам рекомендации по использованию защитного вождения, не употреблять алкогольные напитки и рано выходить из дома, чтобы избежать часов пик и снизить этот риск. Поскольку место строительства подстанции, как правило, находится далеко от крупных городских центров, следует учитывать риск со стороны нескольких ядовитых животных: змей, скорпионов, крыс, которые могут прятаться в кабельных каналах внутри проходных коробок. Прежде чем открыть их, необходимо соблюдать осторожность, и никто не должен совершать никаких действий самостоятельно.

Повторяющиеся усилия, такие как переноска мешков с цементом и работа с тяжелым оборудованием, требуют от работника быть осторожным при распределении груза с кем-то другим, соблюдать свою позу при сидении на корточках и адекватно подниматься. Многие несчастные случаи происходят из-за ненужной спешки.

Еще один очень серьезный риск возникает при резке материалов. Для этой задачи используются различные инструменты и инструменты, такие как: гвозди, проволока,

циркулярные пилы, станки, сверла, мотыги, лопаты, плоскогубцы, молотки и другие. Некоторые из них могут даже окисляться, что приводит к серьезным рискам для здоровья, таким как столбняк. Очень важны хранение и организация оборудования с табличками, указывающими название оборудования и предупреждающими о рисках. Поэтому острые материалы должны храниться и упаковываться должным образом, чтобы избежать того, что неправильные манипуляции приведут к нежелательным несчастным случаям для работников.

Цемент-очень распространенный химический продукт, используемый в строительной промышленности. Необходимо, чтобы рабочие использовали соответствующие перчатки, чтобы избежать прямого контакта с кожей, так как цемент может вызвать риск профессионального дерматоза.

6 ВЫВОДЫ

Строительство, проводимое на электрических подстанциях, представляет собой динамичную среду, в которой одновременно работают работники с различными областями знаний.

Было установлено, что процесс строительства электрической подстанции представляет несколько рисков в зависимости от ее фазы. При использовании механических инструментов необходимо провести предварительную оценку риска. После завершения раскопок вокруг всех ям и канав должны быть применены меры защиты от падения. Бетонные вибраторы и все электрооборудование должны быть заземлены. При строительстве противопожарных стен следует использовать строительные леса и применять меры защиты от падения. Автокран следует избегать, так как движущиеся части в непосредственной близости от силовых трансформаторов могут подвергнуться риску поражения электрическим током. В процессе заземления все элементы должны быть идентифицированы и работники не должны иметь никакого контакта с грунтовым контуром.

Было обнаружено, что работники применяют несколько инструментов анализа рисков, в то время как наиболее часто используемым был PRA. Существует связь между обучением, восприятием риска и адекватным использованием СИЗ. Когда работники не были подготовлены к работе с некоторыми рисками, они преувеличивали или недооценивали риск. Рабочие были в основном обучены электробезопасности, строительной безопасности и работе на высотах, где процент восприятия риска соответствовал проценту работников, которые были обучены распознавать эти риски и управлять ими.

Вывод этого исследования состоял в том, что строительство электрических подстанций несет в себе ряд рисков безопасности и что инструктаж рабочих позволяет эффективно управлять рисками, а также может снизить количество несчастных случаев при этом виде трудовой деятельности.

SUMMARY

I have read the article and would like to share my opinion about it with you. The article is titled "Risk management during construction of electric power substations". It is written on the topical and acute engineering theme. The authors of the article are Pereira, F. S. J., Soares, W. A., Fittipaldi, E. H. D., Zlatar, T., & Barkokébas Junior, B.. The article was published in <http://www.scielo.br> Internet site on, the 17th of October, 2019.

The paper dealt with the construction of electric power substations poses a great number of risks due to its dangerous environment. The objective of this work was to evaluate the perception of construction workers on risks, methods they use for evaluation and managing risks to which they are exposed. This study carried out a qualitative and quantitative analysis during the expansion of one electric substation, adding an additional 100 MVA power transformer. It is reported that the risks were identified and analysed by using the Preliminary Risk Analysis (PRA). Additionally, a questionnaire on construction safety was created and applied on all 27 workers which participated in the construction. The results showed which activities are present during the construction of a power substation, which risks are involved and how to manage them. It should be stressed that it was found that among several, the PRA and Checklists were the most commonly used analysis tools. Further on, it was found a relation between training and risk perception. Among perceived risks were: noise, working at heights, electric shocks, traffic accidents, poisonous animals, dust, fire and explosions. The conclusion of this study was that the construction of electric power substations brings several safety risks and that the instruction of workers allows an effective risk management, and can reduce the number of accidents in this type of working activity. The paper is of interest to engineers and risk managers.

VOCABULARY

1. the construction of electric power substations - строительство электрических подстанций
2. risks - риски
3. environment – окружающая среда
4. power transformer – силовой трансформатор
5. noise - шум
6. working at heights – работа на высоте
7. electric shocks – удар током
8. traffic accidents – аварии на дорогах
9. poisonous animals – ядовитые существа
10. dust - пыль
11. explosions - взрыв
12. instruction - инструктаж
13. recession - рецессия
14. infrastructure works – инфраструктурные работы
15. generation and transmission sectors – генерация и передача электроэнергии
16. residential, industrial and commercial customers – жилые, промышленные и коммерческие потребители
17. the construction works – строительные работы
18. involve - задействовано
19. the civil construction – гражданское строительство
20. automation - автоматизация
21. telecontrol - телемеханика
22. telecontrol - компьютеризация
23. the electric risk – электрический риск
24. fatal case – смертельный случай
25. developed safety-management tools and techniques – разработанные инструменты и методы
26. occupational risks – производственные риски
27. safety in electric installations – безопасность в электроустановках
28. accident prevention – предупреждение аварий
29. struck by an object – удары объектом
30. caught-in – застрять
31. registered - зарегистрировано

32. fatal injuries – смертельная травма
33. occupational diseases – профессиональные заболевания
34. causes and consequences – причины и последствия
35. registries – регистры
36. criteria - критерий
37. contracting and outsourced companies – подрядные и аутсорсинговые компании
38. vertical axis – вертикальная ось
39. a set of equipment – набор оборудования
40. modify - изменение
41. distribute – распределение
42. direct - направление
43. manoeuvring - маневрирование
44. electrical equipment - электрооборудование
45. voltage levels – напряжение
46. power flow – поток мощности
47. high voltage electricity – высоковольтное электричество
48. ensure safety – обеспечить безопасность
49. disconnecting switches – отключение выключателей
50. circuit breakers – автоматический выключатель
51. fire wall construction – строительство противопожарных стен
52. setting up of high voltage buses – наладка высоковольтных шин
53. setting-up and cabling of de-energized – прокладка обесточенных кабелей
54. powered panels – солнечные панели
55. law - закон
56. risk management – риск-менеджмент
57. International Labour Organization – международная организация труда
58. probable incidents – вероятные инциденты
59. working group – рабочая группа
60. operation – эксплуатация
61. installation - монтаж
62. failure mode – состояние отказа
63. certain parameters – определенные параметры
64. quantitative and qualitative study – количественное и качественное исследование
65. Air Isolated Substation – воздушно-изолированная подстанция
66. associated equipments – сопутствующее оборудование
67. transmission capacity – пропускная способность
68. authorize the implementation – разрешить внедрение
69. is provided - снабжена
70. the control house – диспетчерская
71. cable-ducts excavations – раскопки кабельных каналов
72. concreting the bases – бетонирование оснований
73. construction of oil containment basin – строительство резервуара для удержания нефти
74. grounding through the exothermic welding process. – заземление с помощью процесса экзотермической сварки
75. unhealthy operations – нездоровые операции
76. perceive risks – воспринимать риски
77. emergency generator – аварийный генератор
78. isolator - изолятор
79. cement mixers- бетономешалка
80. moderately - умеренно
81. human respiratory system – дыхательная система человека
82. Vehicle – транспортное средство

83. compactor – уплотнитель
84. breaker – разъединитель
85. backhoe - экскаватор
86. circular sawing – циркулярные пилы
87. sander – шлифовальный станок
88. screwdriver - отвертка
89. adequate protection – адекватная защита
90. hearing protection – защита органов слуха
91. vibration – вибрация
92. defective part – дефектная деталь
93. electrical isolation gloves – электроизоляционные перчатки
94. maintenance- сервисное обслуживание
95. check - проверка
96. technical norm – техническая норма
97. temperature - температура
98. hood - капюшон
99. sleeve - рукав
100. agent - посредник

My scientific research

My name is ... I am a master student of Tula State University. I am an engineer. In ... I graduated from Tula State University and decided to continue my education taking master' course.

My special subject is ... I combine practical work with scientific research. I am doing research in ... This branch of knowledge has been rapidly developing in the last two decades. The obtained results have already found wide application in most varied spheres of the country's national economy.

I am particularly interested in ... which includes ... I have been working on the problem for ... years. I got interested in it when I was a student. My work is primarily of practical importance, it is based on the theory developed by the collaborators of our department. So I can say that I work in close cooperation with my colleagues. We also closely collaborate with several enterprises of our country. There are several research teams at our department. The team I work in is headed by Doctor of Technical sciences ... He is my scientific adviser. I always consult him when I encounter difficulties in my research. We often discuss the obtained data.

As I am rather an experementator than a theoretician I make use of different equipment ... The obtained data enabled me to define more precisely the theoretical model of ... I have not yet completed the experimental part of my thesis, but I am through with the theoretical part. For the moment I have ... scientific papers, some of which were published when I was a student. Two of them were published in the journals of ... and ...

I take part in various scientific conferences where I make reports on my subject, I willingly participate in scientific discussions and debates. I am planning to finish writing the thesis by the end of the next year. I hope to get the scientific degree of a Master of Technical sciences.